

下伊那郡豊丘村の地下水資源と自然史との関わり

富樫 均

Relationship between the groundwater resource and the natural history of Toyooka Village,
Shimoina-gun, Nagano prefecture, Japan
Hitoshi TOGASHI

〒381-0075 長野県長野市北郷2054-120 長野県環境保全研究所

豊丘村では上水道水源のほぼすべてを地下水に依存しており、3戸に1戸という高い割合で個人所有の井戸がある。そして、今なお簡易な横井戸が多数利用されていることが特徴である。同村の地下水資源は、伊那山地西麓の竜東丘陵において、伊那累層（帯水層）とミソベタ部層（難透水層）が介在する特異な地質構造に支配されている。そこには過去200万年に及ぶ赤石山地の隆起とそれに付随する竜東丘陵の傾動という地域固有の自然史と、長い間の人の暮らしとの歴史的な連結がある。この貴重な地下水資源を次世代に残すためには、自然の仕組みと自然史を理解するとともに、資源としての壊れやすさへの十分な配慮が必要である。

キーワード 豊丘村, 地下水資源, 自然史, 伊那累層, ミソベタ部層, 地質構造発達史

Key words Toyooka village, ground water resource, natural history, ina formation, misobeta member, geological development

1. はじめに

長野県下伊那郡豊丘村は、伊那谷を縦貫する天龍川中流部に面する人口約7000人の農山村である（図1）。水道水源の多くは村の西半部に集中し、上水道水源のほぼすべてを地下水に依存する。1990年代以降、水道原水中の硝酸性窒素の濃度が高まり、一部の水源で環境基準値（10mg/l）を超過するようになった。そのため長野県は2003年度末から2004年度にかけて、地下水保全対策モデル事業（以下モデル事業とよぶ）として、豊丘村を対象に地下水汚染実態の把握と原因究明のための総合調査を行った（地下水保全対策連絡協議会編2005）。筆者は、同事業の中で水理地質構造と汚染実態との関連に関する調査を担当し汚染のメカニズムを考察した。地下水汚染実態とその原因等に関しては、すでにいくつかの報告を行った（地下水保全対策連絡協議会編、2005、富樫・堀、2005、林ほか、2006など）。

本稿では地下水汚染問題への対応をきっかけに、明らかになった詳細な地質構造と、汚染物質をひとつのトレーサー（追跡子）とみなすことにより推定できた地下水の移動経路について述べる。その結果をふまえ、

伊那谷の自然史という観点から、当地域の地下水資源の特徴と地質構造発達との関連、そして地下水資源の価値と保全について考察する。

2. 豊丘村の地形と地質の概要

豊丘村は伊那山地の西麓に位置し、天龍川中流左岸に広がる竜東丘陵の一角にあたる（図1）。天龍川の現河道沿いには、はんらん原による低平地が広がり、その東には伊那山地へとつづく丘陵地（一部段丘を含む）が発達する。丘陵下部の海拔410～600m付近には、天龍川に並行する形で約10万年前以降に形成された複数段の河岸段丘が発達し、それらは下位から順に低位段丘（a2, a1）、中位段丘（b2, b1, c2）に区分されている（下伊那地質誌編集委員会編、1972、松島・寺平、1982、寺平ほか、1986、松島、2012）。土地利用上の特徴として、天龍川沿いの低平地を中心に水田が広がる一方、低位～中位の段丘面上には畑地や果樹園が広がる。古くからの集落は主に低位段丘面上にあり、とくにその上方の段丘崖寄りに立地している。近年では堤防の築造とともに天龍川沿いの低平地上に新しい住宅や工場の建設がすすんでいる。

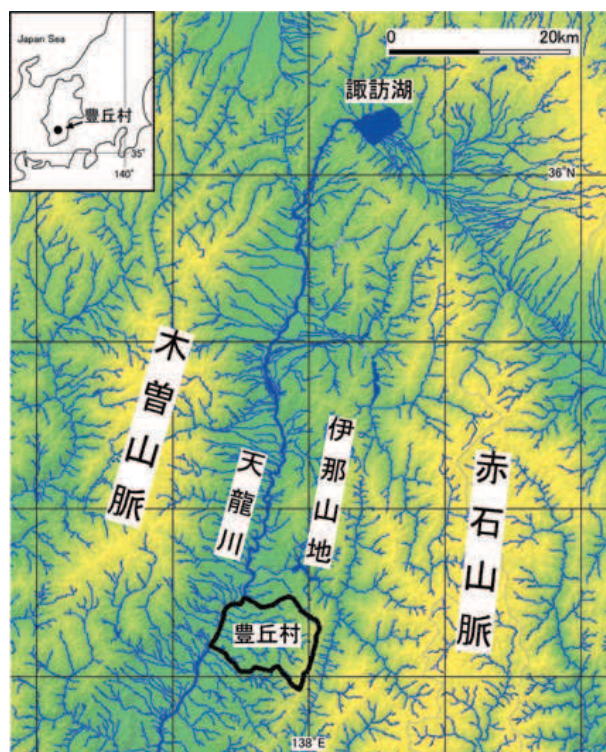


図1 調査地域周辺の地勢と主な水系図
(国土地理院基盤地図情報10mメッシュおよび国土交通省国土数値情報を使用)

地質は中生界の領家花崗岩類を基盤とし、その上に新生界第四系の未固結の砂礫層を主体とする伊那累層と段丘堆積層および完新世のはんらん原堆積物ないし現河床堆積物などが分布する。中位段丘の表層部には、火山灰質粘土（いわゆるローム層）が分布する。

3. 調査の方法

(1) 地下水利用

県のモデル事業の一環として2003年に村の全世帯（約1870戸）を対象に、井戸に関するアンケート調査を実施した（地下水保全対策連絡協議会編，2005）。モデル事業ではその結果をもとに主要な調査対象井戸を選定し、利用状況に関する現地調査を行なった。ここでは、それらの既存資料に加えて、井戸構造の記載をもとに対象地域の地下水利用の特徴を新たにまとめた。

(2) 水理地質構造の解析と考察

地表地質踏査によって主要な帯水層の産状を把握し、それらの関係を整理した。とくにミソベタ部層と呼ばれる難透水層の地下における連続性に注目し、また水理基盤となる花崗岩上面の深度分布等を追跡した。さ

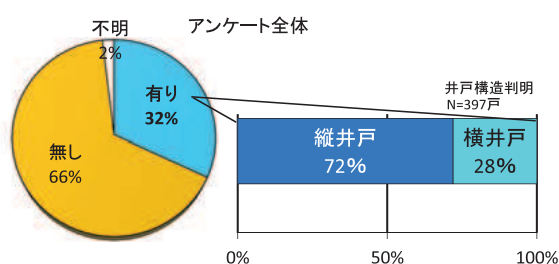


図2 個人井戸の普及率と井戸構造(縦井戸と横井戸)の内訳

らに、既存の井戸やボーリングの柱状図を収集し、水理地質構造図を作成した。図の作成のために確認した露頭データは36箇所、使用した既存井戸およびボーリングの柱状図は21本に及ぶ。モデル事業の一環で行われた2箇所のボーリング (No.4, No.5) についてはコアの記載を行った。これらのデータから、主な帯水層分布と周辺の水理地質構造を把握し、それを地下水流動系における基本的な制約条件とした。その条件に水質調査の結果を対比させることにより、地下水および汚染物質の移動経路を推定した。

最後にこれらの調査結果をもとに、当地域の地下水資源の特徴と価値と保全について、自然史との関連から考察した。

4. 調査結果

(1) 地下水利用の特徴

現在豊丘村では3つの簡易水道水源として、機械掘削された合計7本の管井戸および一部の伏流水・表流水を利用している。村の日最大配水量は約2,200m³/日に及ぶが、その水のほぼすべてを地下水に依存している（豊丘村簡易水道事業経営健全化計画（平成19～23年度））。一方、一般家庭にも今なお数多くの井戸が存在する。2003年時点のアンケート結果によれば、一般家庭における井戸普及率は約32%に及び、ほぼ3戸に1戸に個人所有の井戸が存在する。井戸は不圧地下水を対象とした手堀の井戸か、手堀井戸内に鉄管を打ち込んだ簡易な浅井戸が多く、機械掘削による深さ30mを越えるような深井戸は北市場周辺の低平地を中心に限定的に分布している。構造のわかった井戸では、約28%にも及ぶ井戸が横井戸であることが特徴であった（図2）。

横井戸とは、斜面に向かって水平方向に掘り進み、地下水面に達したところで取水した水を自然流下により導水して使用するものである。横井戸としては、国

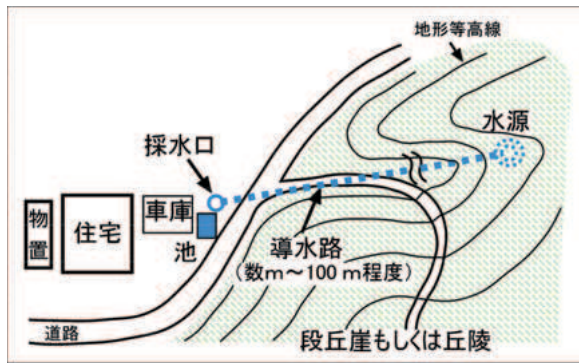


図3 豊丘村の横井戸構造図 (模式図)

内ではマンボ、北アフリカや中東のイランなどではフォガラやカナートと呼ばれる隧道式の地下水取水施設が有名であるが、それに比較すると当地域の横井戸の規模ははるかに小さく、構造は簡易なものである。同村でみられる横井戸の模式的な構造を図3に示す。横井戸は、低位～中位の段丘崖下に集中し、地中への掘削長がわずかであれば湧泉の利用に近い。現在の豊丘村にみられる多数の横井戸は設備が簡易で古くから使われており、築造者不明のものが多い。

以上のことから、この地域の地下水利用の特徴として以下の3点があげられる。第1は、水源に占める地下水依存度がきわめて高いこと、第2は浅井戸を主とする家庭の井戸普及率が非常に高いこと、第3は今なお簡易な横井戸が多数利用されていることである。

豊丘村では1990年代以降、地下水中の硝酸性窒素濃度が高くなり、2004年に村内約300地点の個人井戸で水質調査を行った結果では、全体の約20%の井戸で環境基準値(10mg/l)の超過が認められた。さらに、後述のミソベタ部層より上位にある浅い地下水のみならず、下位にある深い地下水についても汚染が進行していることが明らかになり、主な汚染原因として過去に農地等に供給された化学・有機質肥料及び堆肥を含む家畜排泄物に起因する可能性が高いとされた(地下水保全対策連絡協議会編, 2005)。その後環境省による総合対策モデル事業も実施され、汚染状況や堆肥の流通実態の把握を含む追加調査と対策メニューの検討等が行われている(吉井ほか, 2007)。

(2) 帯水層区分と水理地質構造

豊丘村西半部の地質層序と、各地層の帯水層としての評価を表1に示す。中生代白亜紀に形成された領家

表1 豊丘村の地質層序表と帯水層としての評価

地質時代	地層名	略記号	帯水層評価 [※]	
新生代第四紀	現河床堆積物・産錐性堆積物	a	△	
	段丘堆積層(礫層、ローム層)	Tr	△	
	伊那累層	伊那層上部	UIn	◎
		ミソベタ部層	Mso	×
		伊那層下部	LIn	◎
中生代	領家花崗岩類(基盤岩)	Gr	×	

※帯水層評価：◎高い(良好) △低い(不良) ×難透水層

花崗岩類は、風化部や亀裂集中箇所を除くと地下水の浸透が期待できないことから、概ね難透水性の水理基盤とみなされる。花崗岩類の上には不整合関係で前期更新世の扇状地性堆積物である伊那累層(松島, 1995)が分布する。伊那累層中には、ミソベタ部層(松島, 1995)と呼ばれる一枚の安山岩質凝灰角礫岩層が挟まれており、このミソベタ部層を境に伊那累層は上部伊那層と下部伊那層に分けられる。

伊那累層は豊丘村の北方約60kmの水平距離にある諏訪湖周辺に分布する塩嶺累層(Momose et al., 1959)とほぼ同時期の堆積物である。ただし、塩嶺累層が火山砕屑岩主体であるのに対し伊那累層は河川成の扇状地性堆積物であり、両者の岩相は大きく異なる。伊那累層中に挟まれるミソベタ部層は以前から小渋川以南の竜東地域に広く分布することが知られ(河田・山田, 1957)、その後岩相の比較からミソベタ部層が塩嶺累層中の凝灰角礫岩層に対比された(山田・清水, 1961)。現在、ミソベタ部層はかつて存在した塩嶺火山からもたらされた火山泥流堆積物と考えられている(下平, 1983など)。これらの堆積物の年代論については、まず塩嶺累層の形成年代として、既存の放射年代値から想定された1.46～0.85Ma(窪田, 1999)や、古地磁気層序によるマツヤマ逆磁極クロン(1.77～0.78Ma)との対比(三輪・星, 2002)、あるいは塩嶺火山岩類に先立つ火山活動と塩嶺火山岩類の活動期間として(2Ma～)1.6～0.75Maという見解(及川ほか, 2004)などがある。一方伊那累層については、古地磁気と伊那累層中の広域テフラとの対比により、伊那累層形成年代の範囲を1.75～0.60Maに特定した議論がある(菅沼ほか, 2003)。またミソベタ部層に含まれる火山岩のK-Ar年代として、

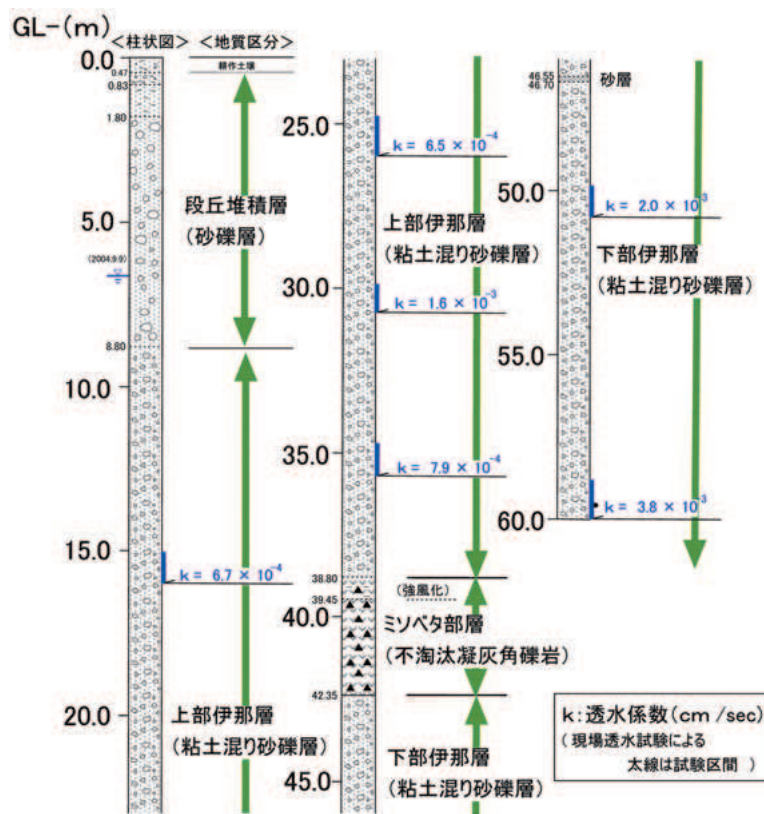


図4 ポーリング柱状図 (北市場No.5地点: 富樫記載)

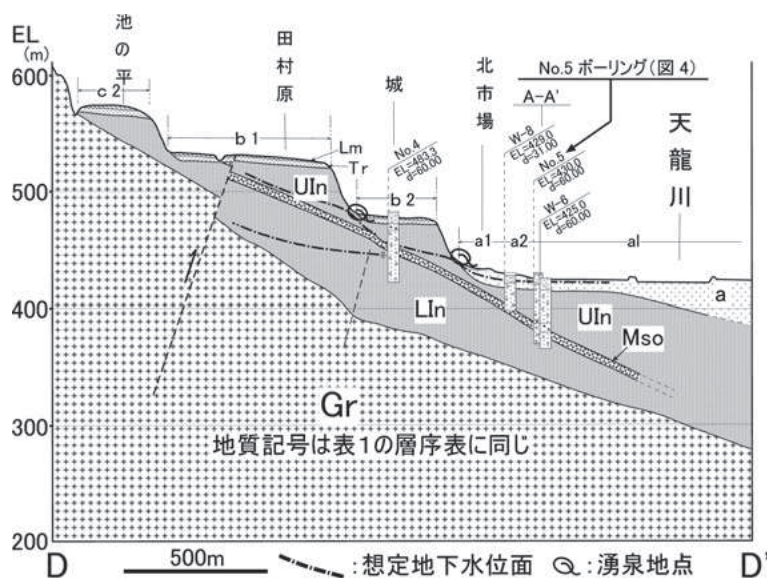


図5 代表地質断面図 (DD' 断面: 断面の位置は図6を参照)

1.8~2.1Maという報告がある (川上, 2012) が, この値は現時点において上記の塩嶺累層 (ミソベタ部層を含む) や伊那累層の層序と年代に関する見解と整合性がとれていない. ここではこれら複数の見解を参考に, 伊那累層の堆積年代をほぼ前期更新世に含まれる2.0Ma~0.7Maの期間, その中に挟まれるミソベタ部層の年代を1.0~1.8Maの間の一時期としておく. 伊那累層は, 対象地域における主要な帯水層であり, 伊那山地の隆起とともに西側に緩やかに傾動する構造をもつ. その他, 段丘堆積層, 現河床堆積物, 崖錐堆積物等の砂礫質の地層があるが, それらの分布は断片的で, 帯水層としての評価は低い. 以下に伊那累層について詳述する.

伊那累層は, 粘土混じりの砂を基質として, チャート, 砂岩, 泥岩, 火山岩, 花崗岩等の垂円礫を多く含む締まりの良い砂礫層である. 礫径は数mmから数cm, 大きなものは30cm程度に達し, 花崗岩礫はくさり礫状の風化が著しい. 北村 (No.4) と北市場 (No.5) の2地点におけるボーリングコアでは, 下部伊那層で43m以上 (北村), 上部伊那層で30m以上 (北市場) の層厚を確認した. 周辺の地質分布との関係から想定すると, 最大層厚は下部伊那層で70m, 上部伊那層で50mに及ぶ (図5参照). 松島 (1995) の記載では, 下部伊那層は粘土層と垂炭層が目立つとされるが, 北市場のボーリングNo.5柱状図 (図4) に示されるように, 少なくとも豊丘村中央西地域における下部伊那層は, 砂礫層が主体で厚さ数10cm以下の砂層をまれに挟む岩相である. ボーリング孔内で実施された回復法現場透水試験では, $6.5 \times 10^{-4} \sim 3.8 \times 10^{-3}$ (cm/sec) の透水係数が得られており, 小口径の孔内での試験のため実際よりも小さめの値が出ている可能性があるものの, 相対的にみて上部伊那層よりもむしろ下部伊那層の透水性が高い傾

表2 露頭記録一覧 (ミソベタ部層, 花崗岩上面, 各地点位置は図6内に図示)

露頭No.	記載No.	地名	位置(R:右岸,L:左岸)	Mso層露出標高	M層厚(m)	摘要
M-1	040518-05	ケカチ原南	壬生沢川中流R	485	2.5<	直下に半固結微砂あり
M-2	040518-09	ケカチ原北	地蔵沢川中流R	475	3<	直下に半固結微砂あり
M-3	040518-04	源道地南	地蔵沢川南支流河床	510	3.5<	直下に黒雲母含む微砂あり
M-4	040518-01	源道地西	地蔵沢川北支流R	460	2	好露頭、上下に砂礫層
M-5	040518-03	源道地東	地蔵沢川北支流中流L	540	2<	下面は埋没
M-6	040512-02	林原南	虻川下流R	465~470	2<	露出確認
M-7	040513-01	林原南	虻川下流R	477	4<	M-7~8断層落差23m
M-8	040513-02	林原南	虻川下流R	500	<	直下に細砂、上面不明瞭
M-9	040512-04	大池原北	虻川中流L	540	2.5<	上下面不明瞭
M-10	040512-04E	大池原北	虻川中流L(山腹)	540	2<	上下面不明瞭
M-11	040512-04W	大池原北	虻川中流L(小尾根)	535	-	上下面不明瞭
M-12	040513-03	林原北	うるし沢中流L	490	4<	とぎれとぎれに露出
M-13	040513-03	林原北	うるし沢中流L	480	-	露出確認
M-14	040513-03	林原北	うるし沢中流L	470	-	露出確認
M-15	040513-05	芦部川橋東	芦部川下流R	450	6	ミソベタ層標識あり
M-16	040513-05	M-14対岸	芦部川下流L	450	-	小露出
M-17	040706-05	中平南	芦部川下流R	469	5<	竹林内の小道沿いに露出
M-18	040706-04	地蔵道	低位段丘崖下	437	-	ヒアリングと地形確認
M-19	040713-02	滝川東	間沢川下流L	488	-	竹林下露出確認
M-20	040713-01	滝川東	間沢川下流L	490	3<	露出確認
M-21	040713-04	M-18対岸	間沢川下流R	479	4<	上下面不明瞭
M-22	040714-02	駒沢	寺沢川上流R	620	1.5<	小露出確認
M-23	040706-02	駒沢	寺沢川上流L	613	レンズ状	分布の縁?
M-24	040512-01	北入西	虻川下流河床	423.0(想定)	-	文献と地形から推定
M-25	-	河野	天龍川河床	436	1.5<	松島ほか(2010)の記載より
露頭No.	記載No.	地名	位置	Gr上面確認標高		摘要
G-1	040518-07	柏原南	壬生沢川中流R	485		生田Grマサ状
G-2	040518-08	柏原南	壬生沢川中流R	510		マサから粗砂、砂礫に移行
G-3	040512-03上	大池原北	虻川中流L	500		地形変化明瞭
G-4	04051204E	大池原北	虻川中流L	525		地形変化明瞭
G-5	40705-02~03	三次原南	芦部川中流北支流	525~535		地形変化明瞭
G-6	040705-02	土井場南	芦部川中流北支流	500		境界確認
G-7	040706-00	勝負平西	小沢の源頭部	515		境界付近確認
G-8	040713-03		間沢川下流R	482		境界確認
G-9	041203-00	林原	総合体育館	600		境界付近確認
G-10	041203-01	池の平南東	尾根部	600		境界確認(へばりつき)
G-11	041203-02	池の平北	c2面の縁	555		段丘礫と伊那層とGr

向がある。

当地域のミソベタ部層は、淘汰のわるい複数種の安山岩質の亜角礫～角礫を混在する凝灰角礫岩の岩相で、礫の径は数mmから50cm以上に及ぶ。他の文献では、調査地域の一部にかかる豊丘村北部の天龍川河床で、小規模な流れ山に相当するような数m大の火砕岩ブロックの混入が報告されている(松島ほか, 2010)。基質は半固結の粘りのある凝灰質砂からなり、層内に堆積構造はほとんどみられない。壬生沢川およびその支流の地蔵沢川、そして虻川の複数の露頭では、同層直下に半固結状の細～微砂の薄層を随伴する。このように複数種の不淘汰の火山岩質角礫を多量に含む乱雑な岩相であることや、薄く広く連続する分布形態と併せ、

給源と推定されている火山体からの距離等を考慮すると、ミソベタ層は火山泥流というよりも、水をほとんど含まない条件で高速で流れ下った岩屑なだれ堆積物(debris avalanche)である可能性が高い。村内23箇所の露頭で確認した結果では、層厚2~12m(平均7m)と変化があるものの、横方向にきわめて良い連続性をもって分布する(表2)。伊那累層が露出する崖の一部に突出するように露出することが多く、難透水性の地層であるため、ミソベタ部層最上面から地下水の浸出がみられることもある。

次に地質構造について述べる。対象地域中央部の代表地質断面(図5 DD' 断面)に示されるように、花崗岩類からなる基盤上に伊那累層が薄く堆積し、伊那



図6 地下に伏在するミソベタ部層の分布を追跡した水理地質構造図

累層の中に難透水性のミソベタ部層がシート状にはさまれる。地下浅所にあるミソベタ部層は山腹斜面にへばりつくように分布する。ミソベタ部層は一部断層でずれる箇所もあるが、全体的にみれば連続性がきわめて良く、その平均傾斜は西へ約7°である。ミソベタ部層は丘陵の地表面と低角度で交差し、西側の天龍川付近では地下に埋没してゆくが、段丘の発達する東側の丘陵では段丘の途中で地表に近づき、ついには侵食によって分布が断たれる。段丘崖付近ではミソベタ部層の上にある浅い地下水の一部が湧泉となって浸出しやすい。一方、低平地においてミソベタ部層を掘り抜くと被圧された深い地下水が地表にまで自噴する。

(3) 地下水移動経路の推定

水理境界となる地質境界を等高線で表現し、ミソベタ部層の伏在範囲と、その範囲外にある段丘面と、主要な水系を示す水理地質構造図(図6)を作成した。図の作成にあたって使用した既存井戸情報の位置、確認露頭位置、縦横断方向で作成した地質断面位置も示した。ミソベタ部層の露頭情報には、松島ほか(2010)

で報告された1地点(表2のM-25)も含めた。この図と現地における汚染実態を突きあわせ、地下水および地下水汚染物質の移動経路を推定した。図6において注目すべきことは、小園から中芝にかけての低地から一部の中段段丘にかかる広大な範囲の地下にミソベタ部層が切れ目なく伏在すること、さらに柏原、林原、田村原、中平などの一部の中段段丘面群が、下流側のミソベタ部層の下に胚胎される深い地下水の主な涵養域になるということである。

想定した地下水移動経路は以下のとおりである。ミソベタ部層が地下に伏在する地域では、沿直方向への地下水移動にとってミソベタ部層が強固なバリア(障壁)となるため、たとえその直上の地表部から汚染物質が浸透したとしてもそれが深層の地下水にまで到達することは考えにくい。そのため、漆沢川下流部の北市場周辺で確認された深い地下水の汚染については、その汚染源をミソベタ部層が伏在する範囲の外に求めざるを得ない。図6において、伊那累層の広がり、天龍川支流河川による伊那累層の分断、そして段丘面

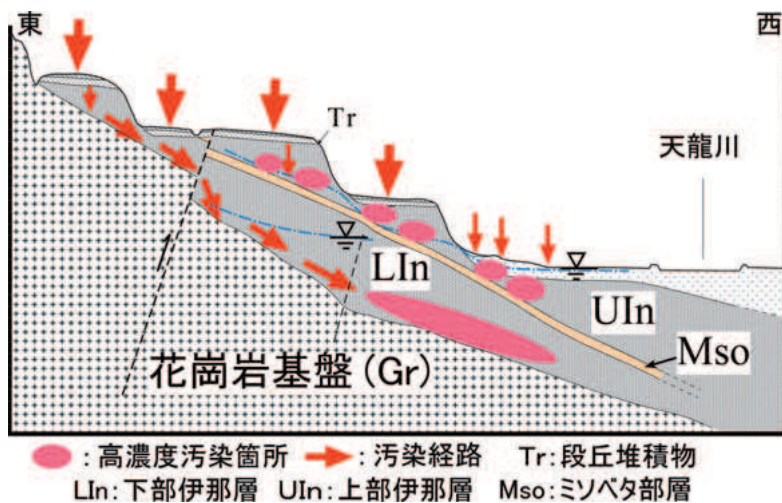


図7 地下水および汚染物質の移動経路(模式図)

上の土地利用実態等から汚染源を絞りこむと、北市場周辺の深層地下水の汚染源は、東に1000m以上も離れた林原と田村原の段丘面の東半部、ならびに飯沼原と池の平の段丘面上を想定せざるを得ないことになる。地下水および汚染物質の移動経路を地質断面図内に模式的に示すと、図7のようになる。

5. 地下水資源と自然史との関わり

豊丘村の地下水資源と自然史との関係を図8に示す。地下水利用は当地域の地質構造と深く結びついている。

その発展過程を以下の①～⑨のように整理した。当地域に特徴的な横井戸は、構造が簡易で、築造者が不明のものが多いことから、地下水利用形態の順序としては、湧泉の直接利用が原初にあり、その次に横井戸の利用が普及したものと推察する。つまり、現在も使われている横井戸の多くは、井戸としてもっとも古い形態の名残であると考えられる。⑦～⑧の簡易水道と農業に関する記述にあたっては、豊丘村誌(1975)の記載を参考にした。

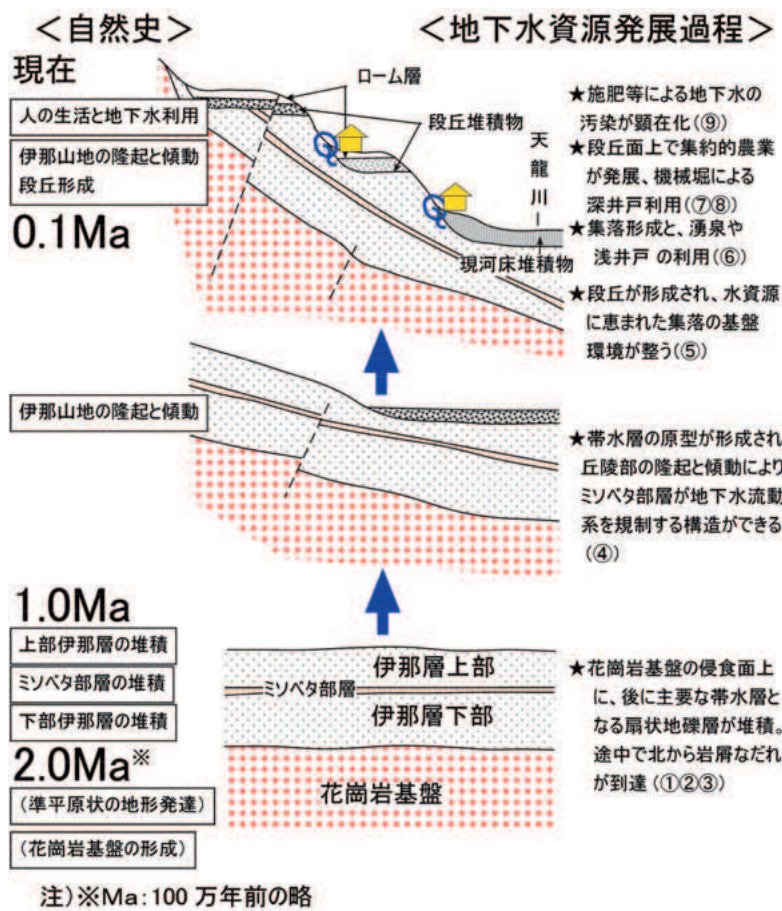


図8 豊丘村の地下水資源と自然史との関係図
(図中の①～⑨は本文中の地下水資源発展過程の説明に対応)

①赤石山脈の隆起進行とともに、約200万年前から花崗岩基盤の上に扇状地性の砂礫層が堆積した(伊那累層の下部伊那層の形成)。
②180万年前～100万年前の間のある時期に、塩嶺火山の一部で大規模な山体崩壊が起こり、岩屑なだれ(もしくは火山泥流)の一部が下伊那地域にまで到達し一瞬のうちに堆積した(ミソバタ部層の形成)。
③ミソバタ部層の形成後も扇状地礫層の堆積が70万年前頃まで続いた(伊那累層の上部伊那層の形成)。
④その後赤石山脈隆起の影響が東に波及し、伊那山地の隆起と竜東丘陵の傾動がはじまった。

⑤継続する竜東丘陵の傾動隆起と天龍川の流路移動により、約10万年前以降に複数の段丘面が形成され、集落形成の基盤条件となる平坦な土地と地下水（湧泉）に恵まれた環境が整った。

⑥数千年前から段丘面下部に集落が形成され、湧泉から横井戸、そして手堀の浅井戸の順に地下水利用がすすんだ。

⑦段丘面上での農業が発展し、1910年代からは主に桑、1960年代からは主に果樹の栽培と畜産業が盛んになった。

⑧1950年代から、水道の普及と、下流部の低平地を中心に新しい住宅地や工場の建設がすすみ、同時に機械堀の深井戸が掘削されるようになった。

⑨長期にわたる段丘面上の畑や果樹園での多量の施肥等の影響により、1990年代以降に硝酸性窒素による地下水汚染が顕在化した。

ところで視野を広げると、伊那累層と、平均層厚7m、東西幅1500m以上にわたり地表を覆ったミソベタ部層の存在から、当時の伊那谷が現在よりも幅広く、きわめて平坦な地形であったことが想定される。つまり、伊那累層の堆積前に広域的に地形の平準化があったはずであり、もしその前提がなければ、上記の①～⑨の歴史的発展も開始できないわけである。同様にさらに遠い過去の歴史である花崗岩基盤の形成にも意味があり、因果関係をどんどん拡張してゆくことは可能である。しかし、論点を明確にする上では、帯水層である伊那累層の堆積を、この地域の地下水資源形成史のはじまりと位置づけることが適切であろう。なぜなら、当地域の地下水利用を可能にした地域固有の要因として最も重要な部分が、伊那累層の堆積とその後に生じた竜東丘陵一帯の傾動隆起にあるからである。具体的には、伊那累層とミソベタ部層の堆積関係があり、それらの約7°の西への傾きと段丘群の形成が、この地域の特色である。そして、今も利用されている多くの横井戸は、太古からの素朴な地下水利用の名残と考えた。図8にまとめた歴史的発展は、当地域の地下水資源とその利用形態が200万年に及ぶ地域固有の自然史がつくり出した自然遺産であり、また数千年にわたる人の暮らしが築きあげてきた文化的遺産でもあることを示している。

6. 地下水資源の価値と保全

伊那累層は当地域における天然の水瓶である。伊那累層は横方向の分布の広さにたいして地層の厚さが薄い。したがって、胚胎する水量はさほど多くはない。

そのため、過去に県が行った地下水資源開発のための広域調査では、竜東丘陵にあまり高い評価を与えていない（地下水技術センター監修、1974）。ただし、新たな水源開発としてではなく、人の生活とともに維持されてきた歴史的遺産としてみるならば、評価は全く違ってくるであろう。節度ある賢明な利用がなされれば、ここは清涼な地下水が、ほとんど無償の形で、半永久的に提供される恵まれた地域である。いいかえれば、涵養から流出に至る過程で、生活場のすぐ脇において、地下水が地下浅所にあつて安定的に供給され続けるといふ自然の仕組みはきわめて貴重なものである。震災等の大規模災害時に使える水源としてみた場合でも、これほど安心できる備えはないであろう。その一方で、帯水層が比較的薄いことに加え、集約的な農業が行われる段丘面が地下水の涵養域にもなっていることから、水質等が段丘面上の土地利用の影響を受けやすいという地域特有の脆弱性があることにも留意する必要がある。

近年の硝酸性窒素による水質悪化はその脆弱性が表面化したものである。吉井ほか（2007）は、豊丘村の硝酸性窒素による地下水汚染において、水質が回復するには今後数十年に及ぶ対策の継続が必要と指摘した。しかしそうであるとしても、大きな水循環のなかで、当地域の地下水資源の形成史をみるならば、硝酸性窒素汚染は一時的な事故とあってよいかもしれない。汲めども尽きない水瓶の仕組みが保たれているなら、たとえ一時的な水質悪化が生じて、利用者の配慮の下で地下水の再生を将来に向かって期待することができる。逆に、もし水瓶の機能と仕組み自体が物理的に壊された場合には、どれほど時間や手間をかけようと、人間の力でそれを再生することは不可能である。地下水という再生可能な自然資源を次世代に残すためには、資源を生み出した自然史的背景を知ると同時に、その恵みに感謝しながら賢明に利用し続けてゆくことが重要である。

7. 謝辞

本稿の地質に関する記載の多くは、2003～2004年にかけて県が実施した地下水保全対策モデル事業において、筆者が担当した地質調査結果をもとにした。地下水汚染の実態把握とその原因究明については、地下水保全対策連絡協議会で幅広く検討した成果である。議論を重ねて共に報告書を取りまとめた当時の連絡協議会メンバーに感謝します。また、自然史との関わりについての論旨の一部は、2012年度の伊那谷自然友の会

行事「自然講座」において、筆者が「竜東の地下水はどこから？」と題した講演を行った際にまとめたものである。講演の機会を設けていただいた飯田市美術博物館に感謝いたします。

8. 引用文献

- 林 弘道・堀 順一・富樫 均, 2006, 地下水汚染の予測・評価事例(実務編)―山間農村地域における地下水の硝酸性窒素汚染事例―. 環境アセスメント学会誌, 4, 2, 11-19.
- 川上達磨, 2012, ミソベタ層の“ブロック”を探せ. 平成23年度郷土調査部研究発表会要項, 下伊那教育会郷土調査部, 9-11.
- 河田清雄・山田直利, 1957, 5万分の1地質図幅「飯田」同説明書. 地質調査所.
- 窪田安打, 1999, 長野県諏訪湖南西方における塩嶺累層の火山層序と地質構造―島弧会合部における後期鮮新世～前期更新世の火山活動史―. 地質学雑誌, 105, 25-44.
- 及川輝樹・西来邦章・名取克裕, 2004, 諏訪湖周辺の塩嶺火山岩類の年代―塩嶺層における火成活動(その2)―. 日本火山学会講演予稿集, 156-156.
- 松島信幸・寺平 宏, 1982, 天竜川上流域地質図(3)飯田.(社)中部建設協会.
- 松島信幸, 2012, 5万分の1信州南部活断層地質図(説明資料付き). 飯田市美術博物館.
- 松島信幸, 1995, 伊那谷の造地形史. 飯田市美術博物館報告書3, 145p.
- 松島信幸・村松 武・小泉明裕, 2010, 報告 天龍川の川底にミソベタ層―ミソベタ層はどのように流下したか―. 伊那谷の自然, 148, 10-10.
- 三輪哲生・星 博幸, 2002, 長野県にみられる後期新生代火山岩類(塩嶺層)の古地磁気. 地質学雑誌, 108, 28-36.
- Momose, K., Kobayashi, K. and Yamada, T., 1959, Paleomagnetic and geologic researches for the volcanic rocks around Lake Suwa. ?Paleomagnetic researches for the Pliocene volcanic rocks in central Japan (2). Bull. Earthq. Res. Inst., 37, 433-481.
- 下伊那地質誌編集委員会編, 1972, 下伊那地質図第1版, 下伊那地質誌編集会.
- 下平真樹, 1983, 伊那谷の塩嶺累層と伊那層のミソベタ部層との関連について. 下伊那教育会自然研究紀要, 6, 67-80.
- 菅沼悠介・鈴木毅彦・山崎晴雄・菊地隆男, 2003, 長野県南部, 伊那層群のテフラとその対比. 第四紀研究, 42(5), 321-334.
- 地下水技術センター監修, 1974, 長野県地下水理図3. 長野県.
- 地下水保全対策連絡協議会編, 2005, 豊丘村における地下水保全対策モデル事業報告書. 117p, 長野県.
- 寺平 宏・松島信幸・清水英樹, 1986, 第11章伊那谷の第四紀. 天竜川上流地質解説書, (社)中部建設協会, 263-314.
- 富樫 均・堀 順一, 2005, 地質構造に規制された地下水汚染―長野県豊丘村の事例―. 環境地質学シンポジウム論文集, 15, 65-70.
- 豊丘村誌編集委員会編, 1975, 豊丘村誌. 豊丘村誌刊行会, 1589p.
- 山田哲雄・清水英樹, 1961, 高遠西方の天神山の火山岩について. 信濃教育, 893, 1-4.
- 吉井啓剛・藤塚哲朗・西前晶子・兼平進一, 2007, 地下水の硝酸性窒素汚染対策について―長野県豊丘村における硝酸性窒素総合対策モデル事業―. 中部地盤工学シンポジウム論文集, 19, 71-78.