



長岡平野における消雪用地下水利用

藤縄克之＝農業土木試験場水利部環境整備研究室

①積雪地域における地下水利用の特徴

日本海沿いの積雪地域では、現在、さまざまな克雪対策が検討あるいは推進されている。特に豪雪地帯では、冬期の交通網の確保は生活を維持する上で最重要課題となっている。昭和38年、長岡市では日本で初めて地下水を利用した道路消雪工を取り入れたが、それ以来、新潟県以外でも富山県など多くの自治体で、地下水が消雪用水として利用され、冬期の生活環境が著しく改善されてきた。

図1は、昭和58～59年の長岡市における降水量、平均気温、信濃川河川及び水田水温の変化を示したものである。昭和58年1年間の総降水量2,738mmのうち、その44.8%に当たる1,227mmが1～2月と11～12月の4ヶ月に集中し、昭和58年から昭和59年にかけての総降雪深は1,030cmにも達している。最大積雪深は、降雪の多い年では2m以上に達することもある。一方、昭和58年の長岡市の旬別の最高気温8月中旬に30.7℃を、また最低気温は12月下旬に-3.9℃を記録しており、年平均気温は12.3℃であった。なおこの年平均気温は、一般に人為的な攪乱がない場合の平均的な浅層地下水とみなしてよい。信濃川の河川水温と気温との間には、非常に高い正の相関がある。一方、水田が地下水水温の形成に果たす役割は後に述べるが、水田湛水期に行った調査結果によれば、田面水温が30℃を越えることもあり、信濃川の河川水温よりは約7～11℃も高くなっている。

次に地下水の利用状況を見てみよう。図2は昭和55年10月から昭和56年9月までの長岡市全域の地下水揚水量を、月別・目的別に示したもの

で、年間総揚水量は約10,100万 m^3 となっており、昭和48～49年の調査結果と比べて約1,400万 m^3 増加している。このうち消雪用としては、12月から3月の積雪期間4ヶ月で、総揚水量の59.6%に当たる6,015万 m^3 が揚水されている。なお消雪用以外では冷暖房用の建築物用水が第2位となっており、冬と夏に若干需要が増加している。それ以外の用途では工業、農業、水道の順で、年間の需要量はほぼ一定である。

図3は、長岡市における過去20年間の降雪累計、最低地下水位、井戸本数、揚水能力の推移を調べたものである。最低地下水位は降雪量の多い年には低下するが、降雪量の少ない年にはあまり低下していないことがわかる。しかし、井戸総本数は急激に増加し、これに伴って地下水の揚水能力も年々向上している。その結果、最低地下水位は経年的に低下する傾向にある。

試算によれば、消雪用水源として信濃川の河川水を用いるならば、12～3月の河川水の平均水温は約2.5℃であるので、1 m^3 の新雪を融かすの河川水が必ために3.2 m^3 要であるところ、地下水を利用すれば、平均地下水温を14℃とすると0.57 m^3 の地下水で同量の新雪を融かすことができる。このように、熱量の高い地下水による消雪は、非常に効率的であるとともに、消雪による路面湛水などのような道路事情の悪化も緩和することができる。

昭和56年の井戸総数は約2万本であるが、そのうちの55%は10m以浅の浅井戸である。豪雪時には市街地中心部で12～13mも地下水位が低下することもあるので、こうしたときには、これらの浅井戸の大半は使用不可能となる。過剰揚

水により発生する問題は、単にこのような井戸の枯渇にとどまらず、地盤沈下という深刻な問題にまで発展することがある。最近の日本における地盤沈下の特徴は、消雪用地下水利用地帯に顕著であることで、特に昭和59年の豪雪時には上越市で年間101mm、また六日町で年間92mmの沈下が生じ、全国1～2位の沈下量を示しており、昭和59年までの最大累計沈下量は、それぞれ310mmと317mmにも達している。

長岡市では上越市や六日町ほどではないが、それでも70 km^2 の地域で地盤沈下が認められており、一部の地域では100～200mmの累計沈下が観測されている。このような地域では、地下水の保全と管理は緊急の課題となっている。

②長岡平野の地形・地質

長岡平野は長岡市を中心とする平野で、新潟平野の西南端に位置し、東を魚沼丘陵(東山丘陵)、西を東頸城丘陵(西山丘陵)に囲まれている。長岡平野の地形分類図によると、主要帯水層を構成する盆地部は、長岡市街地を境にして、南部と北部に2分できる。このうち信濃川の河床勾配が2～3/1000の南部では、信濃川の旧中洲を起源とする微高地が点在している。一方、北部は信濃川の河床勾配が1/1000と南部よりやや緩やかで、広い後背湿地が形成されている。

長岡市の市街地では、沖積層中の砂礫層が有力な地下水帯水層となっているが、長岡平野は、地質的には、基盤岩である新第三紀層を覆って、洪積層の魚沼層、矢代田層、そしてその上位に沖積層が広く発達している。本地域南部の滝谷付近より北部へいくに従って、砂礫層が次第に層厚を増し、市街地付近では砂礫層の厚さも最

図1－長岡市における降水量、平均気温、信濃川河川および水田水温

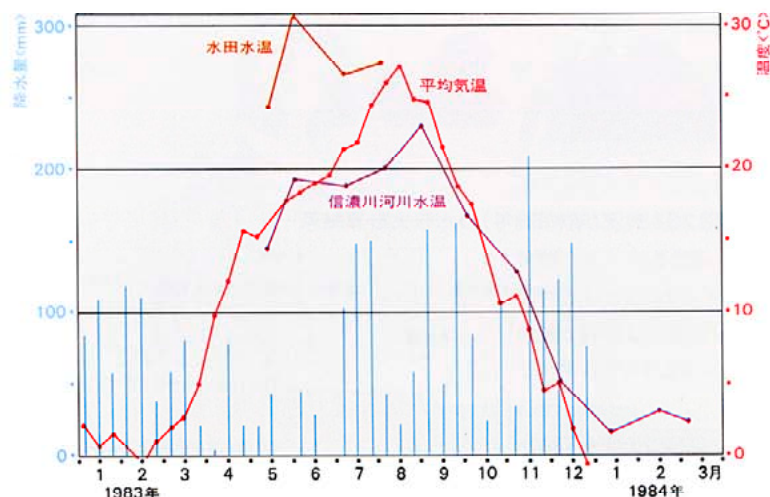
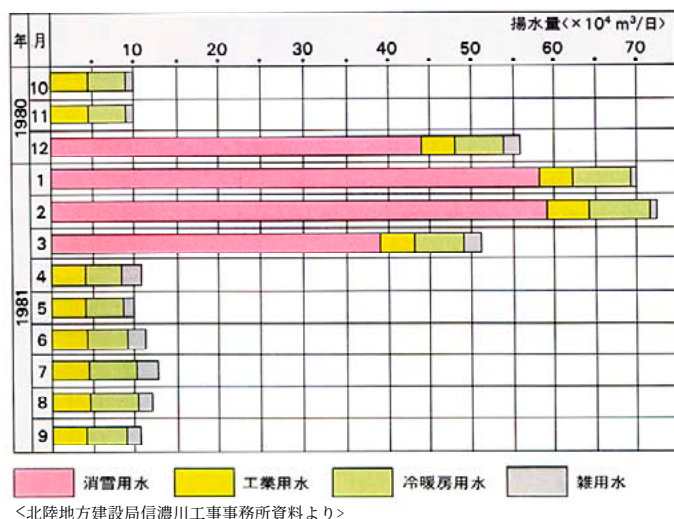


図2－長岡市の地下水利用状況（昭和55年10月～56年9月）



大となるが、市街地北部から下流地域では粘性土が急激に増加する。

なお新第三紀層より上位の地層は、4層の帯水層に分類できる。このうち第1、第2帯水層は礫質が優位な沖積層で、上流部の滝谷付近で30m、長岡市街地中心の弓町で52m、下流部の高見付近で49mの層厚をもっている。またその深度は、第1層で地表面下15～20m、第2層で30～50mとなっている。一方、洪積層の第3、第4帯水層は、沖積層に比べて粘性土が多いため透水性が低く、深度は第3層で70～100m、第4層は100m以深となっている。

③地下水位の変化

先に述べたような長岡平野の地下水利用の特徴は、地下水位の経時的変動に典型的に表れている。図4は昭和59年の2月と11月に出現した地下水面を等高線で表したもので、図中の数字は等高線の標高である。図の左側は、ほぼ最低位に近い2月中旬の地下水面で、これは、大量の地下水の揚水のため長岡市街地を中心としたすり鉢状の形状となっている。逆に、図の右側の11月初旬の地下水位は、ほぼ最高位になっており、市街地中心部では地下水位が10数mも回復している。

このような地下水位の経時的変動を地域別に見たものが、図5である。なお、それぞれの観測井の位置は図4に示してあるとおりで、十日町は水田地帯に、厚生会館は市街化地帯に、また今井町と川崎公民館は、水田地帯と市街化地帯の中間に位置している。さて、市街化地帯では、降雪の始まる12月中・下旬より地下水位が急激に低下している。このような市街地における地

図4－長岡平野信濃川右岸地域の地下水面等高線図

＜昭和59年2月14日～16日＞

＜昭和59年11月8日～9日＞

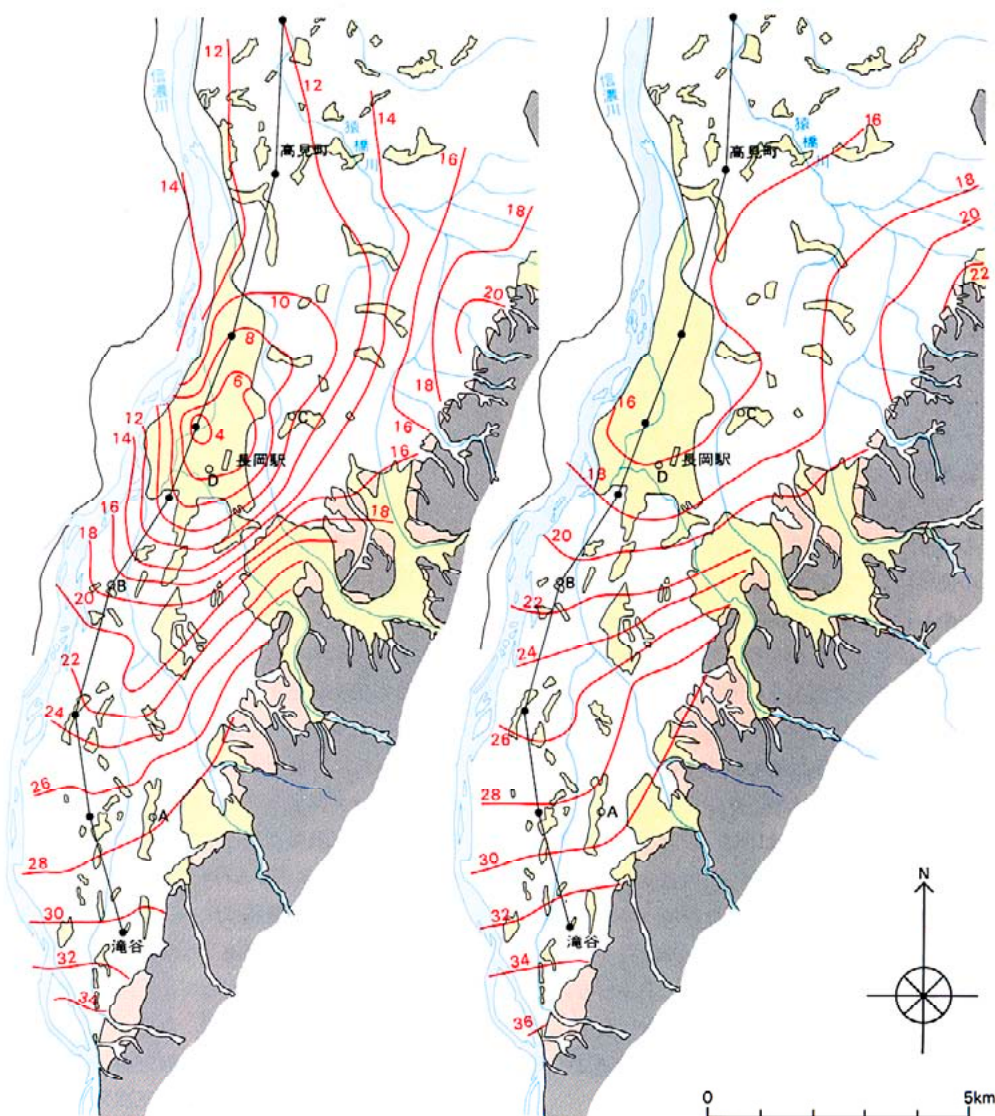
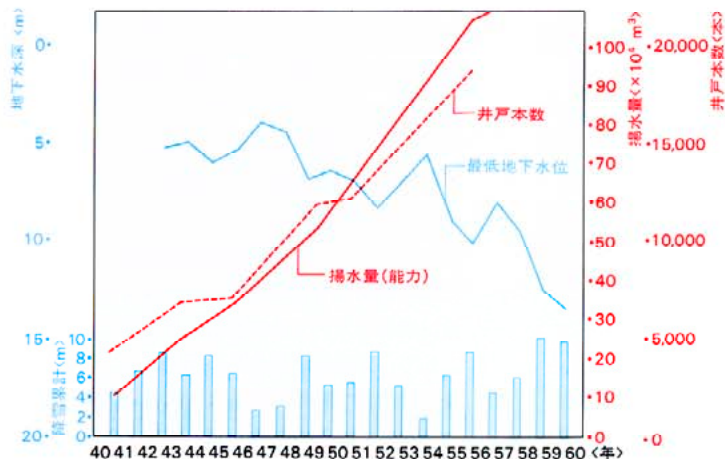
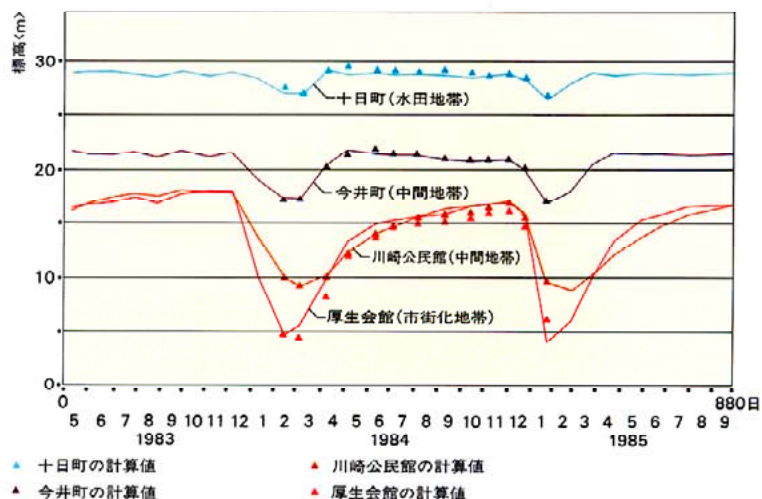


図3－最低地下水および井戸本数と揚水能力の増加状況



＜長岡市地下水対策協議会資料より＞

図5－地下水位の変動



地下水位低下の影響は、若干の時間遅れを伴いつつ中間地帯へ、そして水田地帯へと波及していく。低下した水田地帯の地下水位は、3月から4月にかけての融雪水の浸透により急速に回復するが、市街化地帯の地下水位の回復は、融雪期から水田かんがい期に著しいものの、ほぼ前年の水準まで回復するのに約半年の期間を要することがわかる。

川崎公民館と同じ中間地帯に属するとはいえ、信濃川沿いで上流部に位置している今井町では、砂礫からなる堆積物で構成されているため透水性が高く、その地下水位の変動は、やはり同様の地質特性をもつ十日町の地下水位変動パターンとよく似たパターンを示す。これに対して、信濃川の背後湿地に位置し、透水性の低い粘性土が卓越している川崎公民館では、市街化地域の地下水位低下に対する応答も鈍く、地下水位の回復に要する時間も非常に長い。

しかし、いずれの観測井においても、降雪期に地下水位が低下し、融雪期から水田かんがい期にかけて地下水位が上昇するという、消雪用地下水利用地域特有の地下水循環が見られる。

④長岡平野の地下水流動シミュレーション

積雪地域においては地下水が克雪対策に重要な役割を果たしているとはいえ、過度な地下水利用は井戸水の枯渇だけでなく、地盤沈下などの公害の原因となる。このような環境への悪影響を抑制しつつ、合理的な地下水利用を行うためには、地下水賦存量の経年変化や、農地あるいは河川と地下水循環との関わりなどを定量的に明らかにし、地下水の保全・管理体制を確立する必要がある。

図6は、長岡平野の地下水流動を模式的に描いたものである。長岡平野では、地下水は消雪利用のみならず、工業用水、冷暖房用水、雑用水として、1年中利用されている。このため、たとえば市街地中心へ向かう地下水の流れが形成されている。揚水による地下水貯留量の減少を補

っているのが、市街化地域周辺に広がる水田地帯のかんがい浸透水と河川からの流入水である。また、農地や市街地へ降った雨水の浸透も地下水の涵養源となっている。そのほか、消雪用水として利用された地下水の一部も還元水として地下水となる。なお、河川水は常に地下水を涵養しているわけではなく、地下水位が河川水位よりも高い場合は、地下水が河川へ流出することになる。

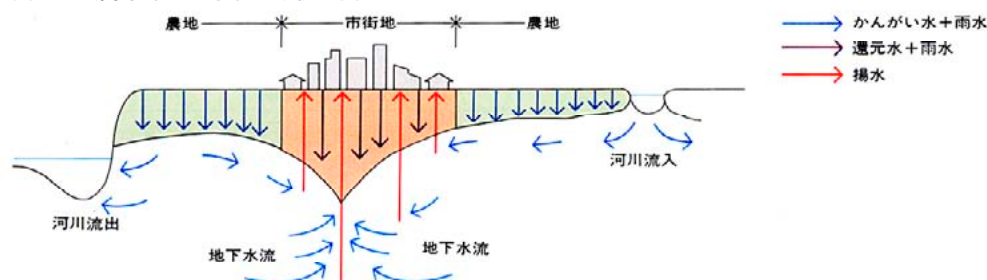
これらの地下水流動に關与する諸量を定量化することは、実は予想以上に困難な作業である。たとえば、農地や市街地からの浸透量を実測することはほとんど不可能である。また、河川水が地下水を涵養しているか、あるいは地下水が河川へ流出しているかは、河川流量を一定区間ごとに流量観測すれば明らかになるが、信濃川のような大河川の流量を高い精度で実測することは現実的には不可能に近い。地下水揚水量にしても、何万本もある井戸からの揚水量を個別にすべて実測することはできないから、おおよその揚水量を推定するのが精一杯である。

このような多くの不確実な要因を含む現象を定量化するには、地下水シミュレーションモデルとパラメータ同定モデルを活用する方法がある。ここでは、有限要素法という数値計算法と非線形最適化法を用いて、長岡平野の地下水収支解析を行った。その概要は次のようなものである。長岡平野のような広域地下水流動系は、扱う領域の水平的な広がりに対して、流動地下水の水深が浅いという特徴をもつ。このような場合は水平方向の流れに対して、鉛直方向の流れが無視でき、このようなモデルを準三次元モデルと呼んでいる。さて、有限要素法では、対象とする領域を基本要素で分割し、各節点で地下水位を計算する。図7は、計算の対象とする総面積78.4km²の信濃川右岸地域を、基本要素である三角要素で分割したものである。メッシュ分割の節点の一部は黒丸となっているが、これは地

下水位観測実施地点で、シミュレーションにより求められた計算地下水位は、これらの観測井による実測の地下水位と対比され、シミュレーション結果のチェックが行われる。

さて、地下水流動のシミュレーションを行うためには、①三角要素網の座標、②地表面標高、③帯水層基盤面標高、④地層の透水係数、⑤地層の有効間隙率、⑥地下水総揚水量、⑦地下水揚水強度分布、⑧地下水涵養量、などの様々なデータが必要である。①の三角要素網の座標には地形図上で読み取った各節点の座標を用い、②の各節点の地表面標高には地下水位観測実施地点の実測標高と地形図上の水準点や三角点の標高を用い、③の帯水層基盤面標高は地質断面図やボーリング柱状図などを参考に必要なデータを作成する。しかし、④の透水係数と⑤の有効間隙率は、地下水流動シミュレーションの中で最も中枢となるパラメータであるが、一部の観測井で実施されている揚水試験結果によれば、透水係数は場所や深さによってかなりのバラツキが見られるし、また有効間隙率に関するデータもほとんど皆無である。⑦の地下水揚水強度分布は、昭和56年度に環境庁が長岡市や建設省などの協力を得て行った地下水揚水量実態調査を参考にデータを作成することができるが、⑥の地下水総揚水量は、シミュレーションに用いるには実態調査の精度が低く、また⑧の農地からの地下水涵養量は、実測も推定も困難である。このように地下水流動のシミュレーションには多くのデータが必要にもかかわらず、その一部には未知なパラメータが含まれざるをえない。これらの未知パラメータを地下水流動のシミュレーションモデルから逆に求めようという方法が、いわゆるパラメータ同定モデルである。つまり、通常のシミュレーションでは、数理モデルにパラメータを入力して地下水位分布を出力するが、パラメータ同定モデルでは、実測値の信頼性が最も高い地下水位分布を入力して未知パラメータを出力する。このようなパラメータの同定は試行錯誤を繰り返して経験的に行うこともできるが、その難易度は、求めるパラメータ数が増加すると指数関数的に高くなる。そこで、未知パラメータの同定を自動的に行う方法として、非線形最適化法が開発され、数理モデルと併用して利用されるようになってきた。そこで次に、以上の方法を用いて求めた長岡平野の地下水収支を概観してみる。

図6 長岡平野の地下水流動模式図



⑤長岡平野の地下水収支

地下水位の観測結果をもとに、パラメータ同定モデルを用いて計算した長岡平野の地下水収支が表1である。なお、同定した期間は昭和59年1月から昭和60年1月までの、ほぼ1水文サイクルに相当し、計算地下水位と実測地下水位との対比は図5に示すとおりである。

表1によれば、地下水貯留量減少の大部分は、地下水が消雪用水として大量に揚水された12月下旬から翌年の2月中旬にかけて生じており、ほぼ一年間に約300万m³の地下水貯留量が減少していることがわかる。一方、市街地において消費された純消費水量、すなわち揚水量から還元量と雨水浸透量を差し引いた水量は約4,200万m³である。これに対して、農地からのかんがい水や雨水の浸透により涵養された水量は約3,900万m³であるから、市街地における純消費量の約93%が農地から補給されていることになる。次に、農地からの補給を時期的にみると、その大半は3月初旬から6月中旬に集中しており、融雪水と水田かんがい水が非常に重要な地下水涵養源となっていることがわかる。この他の期間でも、雪によって地表面が覆われる12月中旬から2月中旬までの期間を除いて、水田かんがい水や農地へ降った雨による地下浸透が毎月約200万m³前後に達していることがわかる。

一方、図7にも示してあるように、対象領域の周囲は西を信濃川に、北を猿橋川に、それ以外を丘陵によって囲まれている。これらの全境界を通して出入りする量を示したものが、表1の境界流入量であるが、表によると、境界となっている信濃川や猿橋川へ、1年間に約10万m³の地下水が流出しており、これらの河川からは長岡市街地を中心に地下水位の低下する12月から翌年の3月にかけては流入量が一時的に卓越するものの、一年を通してみると河川へ流出する地下水の方が多いことがわかる。

ところで、有効間隙率とは地下水面が単位深さだけ低下したときに、排出される水量と考えてよいが、砂層が最も大きな値を持ち、地層を構成している土粒子の粒径がそれより大きくなっても、小さくなくても減少する。つまり、砂層が地下水を貯留するのに最も効率的であるといえる。長岡平野の地下水シミュレーションでは、図7に示すように、全領域の表層地質（土質）を5ブロックに分類し、それぞれのブロックご

図7ー長岡平野の有限要素メッシュ分割図および土質分類図

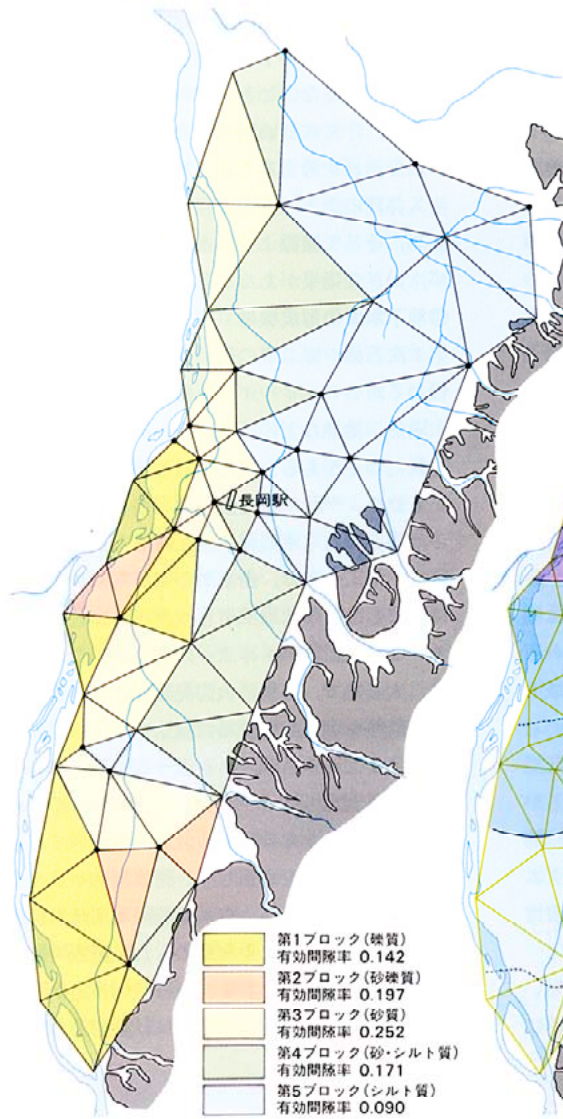


図8ー第3帯水層下限等高線図

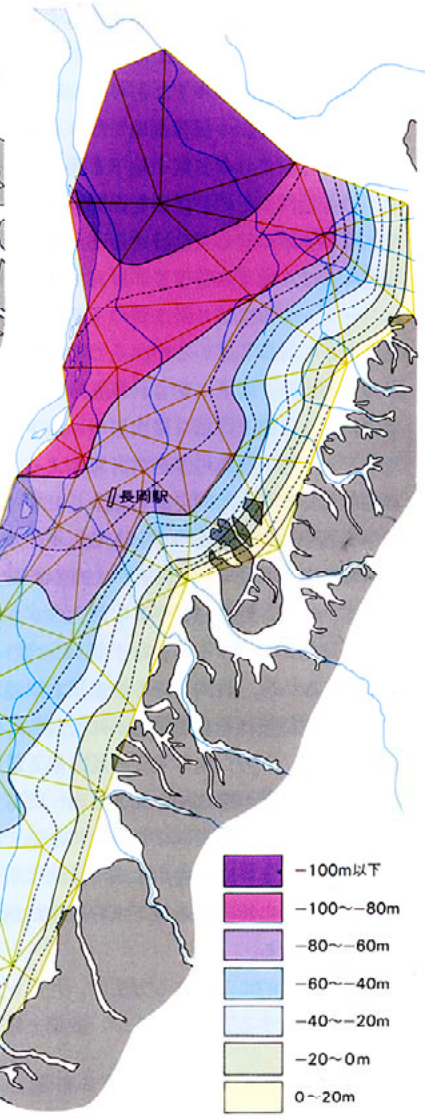


表1ー長岡平野の地下水収支

期間	農地における 水田浸透量 + 雨水浸透量	境界流入量	市街地にお ける揚水量 (還元量+ 雨水浸透量)	地下水貯留 増加量
S59. 1. 9-11/S59. 2. 14-16	0	2,080,506	17,821,258	-15,740,672
S59. 2. 14-16/S59. 3. 5-9	68,485	1,301,158	1,316,619	53,024
S59. 3. 5-9/S59. 4. 9-11	18,375,370	-667,224	-7,279,886	24,988,032
S59. 4. 9-11/S59. 5. 7-9	4,771,709	-1,092,518	-7,772,457	11,451,648
S59. 5. 7-9/S59. 6. 13-14	3,913,421	-1,231,511	-2,819,658	5,501,568
S59. 6. 13-14/S59. 7. 3-4	1,510,891	-381,293	-72,002	1,201,600
S59. 7. 3-4/S59. 8. 7-8	2,756,233	-732,714	-34,881	2,058,400
S59. 8. 7-8/S59. 9. 10-11	2,072,049	-369,961	361,736	1,340,352
S59. 9. 10-11/S59. 10. 15-16	631,381	-118,083	494,930	18,368
S59. 10. 15-16/S59. 11. 8-9	2,634,419	-132,973	282,470	2,218,976
S59. 11. 8-9/S59. 12. 5-6	2,549,423	-471,302	151,913	1,926,208
S59. 12. 5-6/S59. 12. 24-25	0	434,343	7,230,087	-6,795,744
S59. 12. 24-25/S60. 1. 23-25	0	1,283,834	32,363,802	-31,079,968
合計	39,283,381	-97,658	42,043,931	-2,858,208

とに有効間隙率の値を同定しているが、その値は、信濃川沿いの中・下流部に卓越する砂層で0.252、信濃川沿いの中・上流部に卓越する礫層で0.142、粘土やシルトなどの細粒堆積物から構成される信濃川の後背湿地では0.090である。そこで、それぞれの要素の地下水面から基盤面までの体積に、その要素の有効間隙率を乗じ、すべての要素に対して合計すると、それぞれの時期における地下水貯留量が計算できる。シミュレーションでは第3帯水層の下部を実質的な基盤として計算しているが、その第3帯水層下限の等高線は、図8に示されるとおりである。

では、第1、第2、第3帯水層中の地下水貯留量はどれくらいであろうか。計算によると、昭和59年1月から1年間で最も減少したのは昭和59年2月中旬の8億9512万 m^3 で、また最も増加したのは昭和59年12月初旬の9億4086万 m^3 である。現在、貯水容量が日本最大のダムは福島県奥只見ダムで、その総貯水量は6億144万 m^3 であるから、長岡平野の信濃川右岸地域の総地下水貯留量はそれをはるかに上回っていることになる。一方、地下水位の最高期と最低期の地下水貯留量の差は約4,600万 m^3 であるから、冬期の地下水利用により利根川水系では浦山ダムの、あるいは木曽川水系では阿木川ダムのほぼ一杯分に相当する地下水貯留量が消費されたことになる。

地下水を人工的に涵養する方法に、井戸を用いて地下へ注入する方法があるが、微細土粒子に

よる間隙の閉塞などで、うまく機能しない場合が多い。また、今回の調査研究結果では、信濃川などの大河川ですら、地下水涵養の寄与度が必ずしも高くないことが明らかになった。このことは、非常に低い速度でしか浸透しない地中の水の流れを考えると、地下水の涵養手段は注入井戸のような点源よりは、河川のような線源が、そして線源よりは水田のような面源の方が、大きな効果があることを意味している。

⑥地下水の形成機構

第1次石油ショックの後、高騰する石油資源に代わる新しいエネルギー資源として世界各地で太陽熱、地熱などのエネルギー開発が活発に行われたことがある。現在、石油価格が下落しているため、一時の積極的な開発姿勢も下火になったが、現在も活発に研究が続けられている技術がある。それは、帯水層の良好な断熱的性質に着目した、帯水層熱エネルギー貯留技術である。これは、熱エネルギーの需要が少ない夏期に、太陽熱や、工場、火力発電所、ゴミ焼場などの廃熱を利用して暖めた温水を地下の帯水層へ貯留しておき、熱エネルギーの需要の多い冬期に、家屋暖房、ハウス栽培、消雪などに利用しようというものである。北陸農政局では、福井県の砂丘地を利用して、帯水層熱エネルギー貯留技術を用いたハウス栽培の実用化試験を行っているし、J R長岡駅でも、上越新幹線の融雪のため帯水層熱エネルギー貯留技術が開発されている。この技術の特徴は、発想を転換し

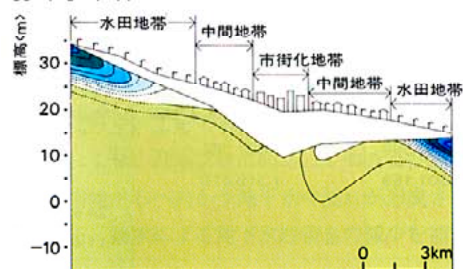
て、冬期に冷水を地下貯留しておけば、夏期には冷房用水としても使えるという技術の多用性にある。積雪地域で普及している地下水を用いた消雪技術は、帯水層熱エネルギー貯留技術の広域版とでもいえよう。

さて、浅層地下水の平均水温はほぼ年平均気温に等しく、水温の時期的・場所的変化も小さいといわれるが、地下水温度分布には明瞭な経年的サイクルがあることが、長岡平野における地下水温度分布調査の結果明らかとなった。図9は、昭和59年4月から翌年3月まで、ほぼ1ヶ月間隔で調査した地下水温度鉛直分布図である。なおその断面は図4に示してあるように、長岡平野の上流部滝谷から長岡市街地を通り、下流部見附市付近まで至る線上に位置している。図より明らかなように、地下水中には、冷水塊と温水塊あり、その発達から消滅の過程に違いが見られる。

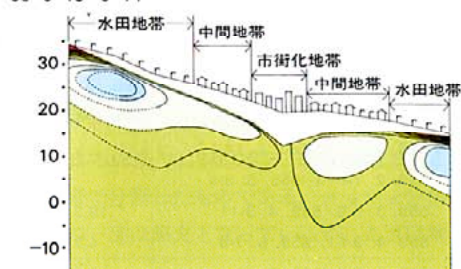
2月下旬には低下していた地下水面は、消雪揚水量の減少と融雪水の浸透により、3月下旬には大巾に回復している。水田地帯を中心に浸透した冷たい融雪水は、その直下の地下水表層部に強力な冷水塊を形成する。しかし融雪水の浸透はまもなく終わり、水田に代かき用の水が張られるようになると、浸透水の水温は徐々に上昇し、冷水塊の上部に温水域が形成されてくる。冷水塊は、地下水の流動に伴って周囲に広がり大きくなるが、その中心の水温はどんどん上昇して、やがて消滅してしまう。図3にも示した

図9－長岡平野の地下水温度鉛直分布図

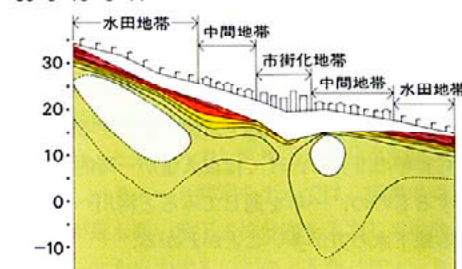
59・4・9～4・11



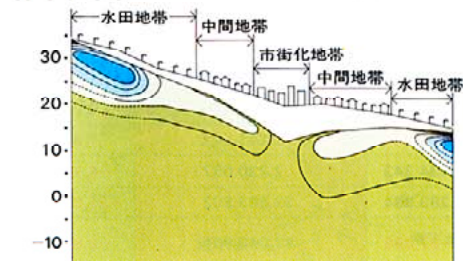
59・6・13～6・14



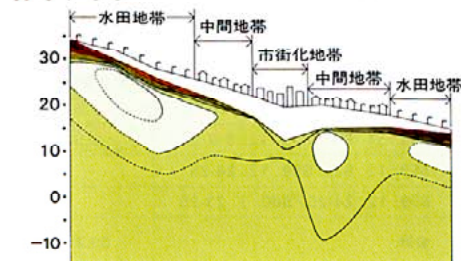
59・9・10～9・11



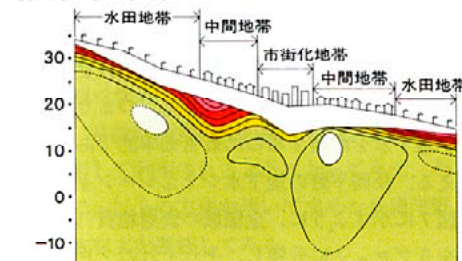
59・5・7～5・9



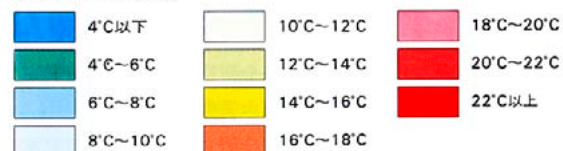
59・8・7～8・8



59・10・15～10・16



〈図9の地下水水温凡例〉



ように、水田の田面水温は30℃以上にもなることがあるが、その影響は当然水田からの浸透水の水温にも反映され、水田地帯の地下水表層部で8月には24℃もの高温体が形成されている。秋になって水田が非湛水状態になると、地下水表層部の水温は徐々に低下するが、冷水塊と違って消滅することではなく、地下水面勾配に沿って市街地へと流動していく。

温水塊と冷水塊の移動性の違いは、温水と冷水の物性の違いにある。冷水は温水と比べて密度が大きいため、冷水塊はより深部へと移動しようとする。これに対して温水は密度が小さいため、浮力によって地下水表層部を水面勾配に沿って移動しようとする。冷水塊と温水塊の移動性の違いは、単に密度の違いだけではない。地下水が地層中の間隙を流れようとするとき、その粘性によって抵抗を受ける。すなわち粘性の大きな地下水は、粘性の小さな地下水と比べて地層に対する透水性が悪くなる。そして地下水の粘性は、その水温によって大きく左右される。地下水の地層中における流れ易さは、地下水の密度に比例し、粘性に逆比例するが、同一の地層で同一成分の地下水であっても、たとえば40℃の地下水は0℃の地下水と比べて約3倍も透過度が高くなる。このことは、すなわち冷水塊は移動しにくく、温水塊は移動しやすいということを意味している。図9には上に述べたような理由による温水塊の発達と移動の様子がよく現れている。そして、12月下旬に中間地帯まで

移動した温水塊は冬期の地下水の大量揚水により消費されていく。一見すると、何の変哲もないようにみえる地下水の動きにも、このように複雑な地下水水温の形成機構が秘められている。

⑦積雪地域の地下水利用のあり方

環境問題を起こさずに地下水を最大限に活用するためには、その利用が保全・管理体制によってサポートされていることが必要である。国外の例をあげると、汚濁したライン川の河川水を飲料水源とせざるを得ないオランダでは、ライン川の水は処理された後、砂丘地へ導入され、浸透池から地下浸透されている。このように砂丘地をフィルターとして利用することによって飲料水の水質をさらに改善するとともに、貴重な飲料水源となっている砂丘地の地下水を人工的に涵養し、安定的に良質な地下水を確保している。一昨年、ライン川沿いの化学工場で火災が発生し、河川水が有害な化学薬品で汚染されて大きな問題に発展した事件は記憶に新しいが、オランダの水道関係者の話では、このような非常の際に充分なだけの飲料用地下水が砂丘地に貯留されているという。水資源の乏しいイスラエルでも・オランダで見られたような徹底した地下水の利用・保全・管理体制がとられている。このような諸外国の現状をかい間見るとき、無原則な地下水開発と被害が顕在化してからの地下水採取規制という方法から、総合的な地下水管理体制への移行の必要性が強く感じられる。さて、積雪地域における消雪用地下水利用技術

が、生活の利便性に与えた貢献度には計りしれないものがある。今後、この技術のマイナス要因となっている地盤沈下などの公害問題に対処するためには、単に地下水の乱用に対する規制を強化するだけでなく、地下水の保全と管理体制を確立する事が必要である。そのためには、地下水の涵養機構や地下水水温の形成機構などを定性的・定量的に明らかにし、合理的な地下水の利用・保全・管理システムを確立しなければならない。

長岡平野における地下水調査の結果、水田が重要な地下水の涵養源となっているばかりか、地下水水温の上昇にも大きな影響を与えていることがわかったが、市街化地域の拡大によって水田面積が減少したり、あるいは地下水涵養域となっている信濃川右岸上流部水田地帯の陸砂利採取と難透水性土の埋戻しによる地下水涵養機能の低下など、地下水の保全上好ましくない状況もみられる。地下水を人工的に強化し、また地下水水温の上昇を図るためには、非かんがい期の水田利用や休耕田の活用など、積極的な地下水保全策が必要となってこよう。そして、さらには、都市と農村のバランスある発展が地域の環境保全の面からも非常に重要であることから、地下水利用計画なども含めた総合的な土地利用計画を検討していく必要がある。

