

地下水の適正な利用について

－ 現状の総括と提言 －

平成18年2月

金沢市地下水適正利用検討委員会

はじめに

地下水は生活用水源として古くから利用されてきたが、その利用形態は地下水利用技術（さく井技術など）の進歩と経済の発展に伴う水需要の増大の二つを背景として、さまざまの変遷を経て現在に至っている。近代化以前の地下水使用量は量的には少なく、自然の涵養量と平衡する程度のものであった。しかし、工業化が進展し、近代的なさく井技術により、自然の涵養量を上回る大量の地下水採取が行われるに及んで、大都市部を中心とした区域で地盤沈下などの地下水障害が見られるようになった。

金沢市は地下水に恵まれ、以前から工業用、建築物用（水道用を含む）、農業用などに使用されてきた。近年はこれに加え、道路消雪用にも多く使用されるようになってきた。このため、年間の地下水揚水量は減少傾向にあるものの、一部地域において地盤沈下現象が顕在化してきている。

平成4年11月、金沢市地下水保全検討委員会は、「金沢市の地下水許容揚水量は30万～35万 m^3 /日（うち消雪用は10万 m^3 /日）」と推測し、「現在のところ地下水揚水に対する規制は必ずしも必要ではないが、当面は揚水量の節減に努めることが大切である」と提言を行った。

その後、道路消雪については、一斉散水から交互散水への切り替えや河川水・下水処理水の利活用などの地下水の揚水量の節減に努めてきたものの、消雪用の井戸の設置本数は増え続け、海側の平野部での地盤沈下は進行し、台地部での地下水の揚水障害も見られるようになってきた。

このような状況の中、地盤沈下や地下水の揚水障害が深刻化することを未然に防止し、貴重な資源である地下水を将来にわたり有効に活用していくための地下水の適正利用策について検討するため、平成16年8月に「金沢市地下水適正利用検討委員会」が設置された。

平成16年8月9日に第1回目の検討委員会を開催し、以降6回にわたる検討・協議を重ねた結果を取りまとめ、現状の総括と提言を述べる。

目 次

はじめに

| | |
|----------------------|----|
| 1. 地下水利用の現状と地盤沈下 | |
| (1) 井戸本数と地下水揚水量 | 1 |
| (2) 水準測量による地盤沈下 | 2 |
| (3) 観測井による地下水位と地盤収縮 | 4 |
| (4) 地下水揚水と地盤沈下の関係 | 6 |
| 2. 道路消雪揚水と地盤沈下 | |
| (1) 消雪用井戸 | 7 |
| (2) 道路克雪方法の現状と課題 | 7 |
| (3) 道路消雪揚水と地盤沈下 | 9 |
| 3. 水文地質解析 | |
| (1) 地下地質 | 15 |
| (2) 帯水層基底等高線図 | 17 |
| (3) 沖積粘土層 | 20 |
| (4) 比湧出量 | 20 |
| 4. 提言 | |
| (1) 地下水の使用抑制策 | 22 |
| (2) 地下水の涵養 | 24 |
| (3) 広域的な対策の必要性 | 24 |
| (4) 地下水障害に関する観測・監視体制 | 24 |
| (5) その他 | 25 |

【参考資料】

- (1) 金沢市地下水適正利用検討委員会設置の背景
- (2) 金沢市地下水適正利用検討委員会設置要綱
- (3) 金沢市地下水適正利用検討委員会の検討経緯

地下水利用の現状と地盤沈下

(1) 井戸本数と地下水揚水量

① 井戸本数

届出井戸^{注1)}の本数は、平成16年度末で2,037本であり、その用途の内訳は、工業用181本(9%)、建築物用716本(35%)、消雪用999本(49%)、その他141本(7%)である。

図1-1に用途別の井戸本数の経年変化を示す。

工業用は減少しており、建築物用は平成7年度をピークに近年減少しつつある。これに対して消雪用は年々増加し、平成16年度には昭和56年度比で約3.8倍、金沢市地下水保全検討委員会^{注2)}から提言のあった平成4年度に比べても約1.7倍に達している。

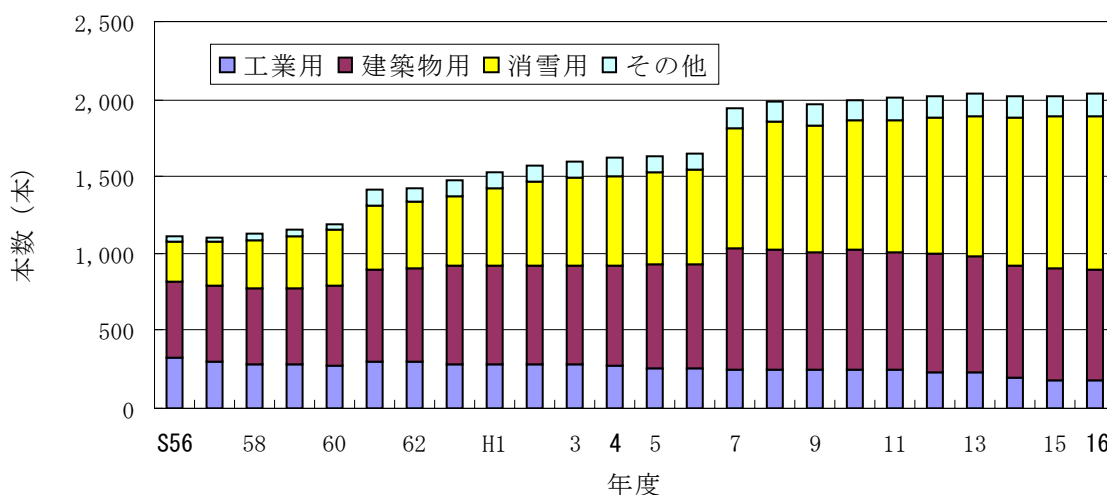


図1-1 井戸本数の経年変化

② 地下水揚水量

届出井戸による年間揚水量は、平成16年度で4,360万 m^3 であり、その用途別内訳は、工業用2,056万 m^3 (47%)、建築物用882万 m^3 (20%)、消雪用882万 m^3 (20%)、その他540万 m^3 (13%)である。

図1-2に用途別の地下水揚水量の経年変化を示す。

工業用と建築物用は減少し続けているが、消雪用はその年の降雪量による増減はあるものの全体的には増加傾向にあり、平成16年度には昭和56年度比で約2.2倍、また、平成4年度に比べると約3.5倍に急増している。

注1：「届出井戸」とは、石川県の「ふるさと石川の環境を守り育てる条例」における断面積が6 c m^2 (口径約2.76 cm)以上の工業用及び建築物用井戸、並びに、「金沢市環境保全条例」における口径5 cm (断面積約19.6 c m^2)以上の消雪用その他の井戸をいう。

注2：平成4年11月に、金沢市の地盤沈下の主要因は冬季消雪用に多量の揚水を行うためであるとし、特に道路消雪は地下水をできる限り使用しない方法に転換することが必要との提言を行っている(本文P6及び巻末*1, *2参照)。

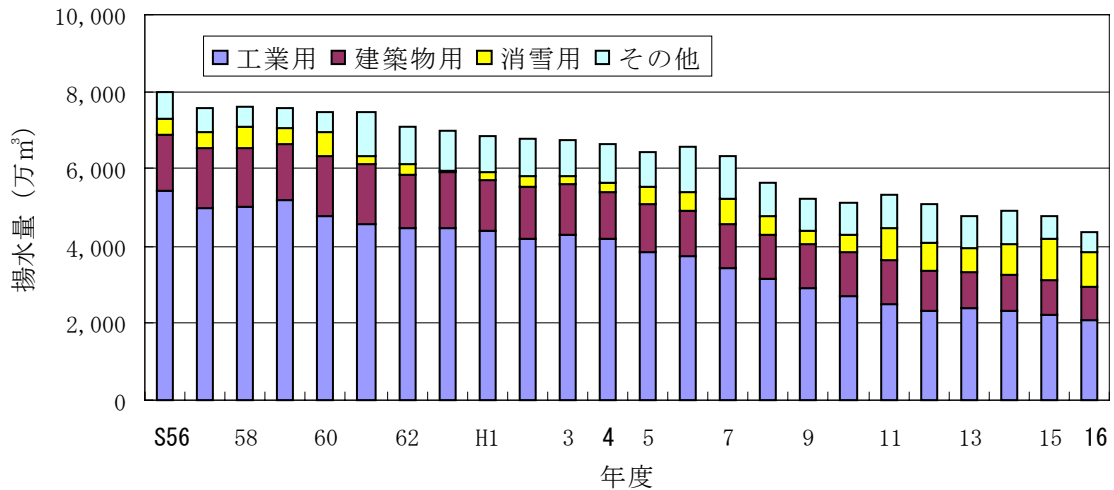


図1-2 地下水揚水量の経年変化

(2) 水準測量による地盤沈下

主な水準点の累積地盤沈下量を図 1-3 に、地盤沈下等量線図を図 1-4 に示す。

地盤沈下が見られるところは、J R北陸本線から海側にかけての平野部であり、特に浅野川の下流部付近で顕著である。

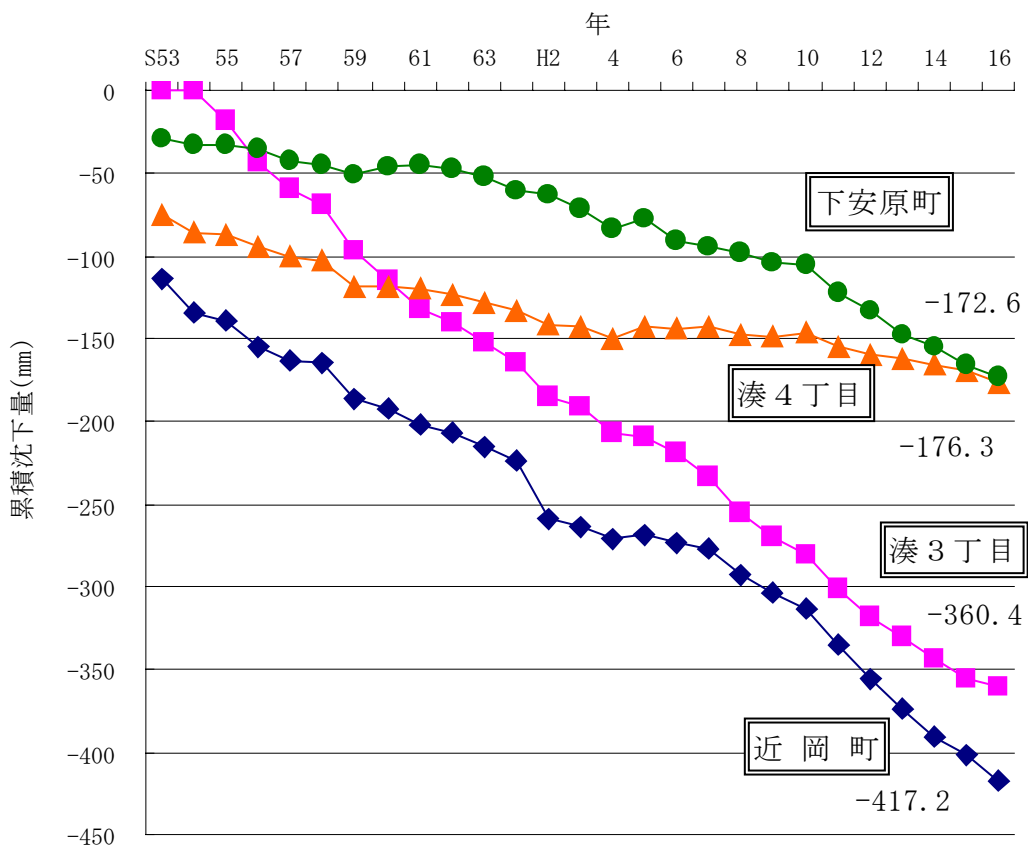


図1-3 主な水準点の累積沈下量

累積沈下量が最も大きい近岡町では、昭和49年から平成16年までの30年間に417.2mm、湊3丁目では、昭和54年から平成16年までの25年間に360.4mm沈下しており、年平均約14mmの割合で沈下し続けている。

また、湊4丁目は、昭和49年から昭和59年までの10年間に118.7mm、年平均12mm沈下してきたが、昭和59年から平成16年までの20年間では57.6mm、年平均2.9mmの沈下であり、沈下量は減少してきている。

一方、下安原町は昭和49年から昭和61年までの12年間に44.6mm、年平均3.7mmの沈下であったものが、昭和61年から平成16年までの18年間では128.0mm、年平均7.1mm、特に最近5年間では50.3mm、年平均10mmと沈下量が増大してきている。

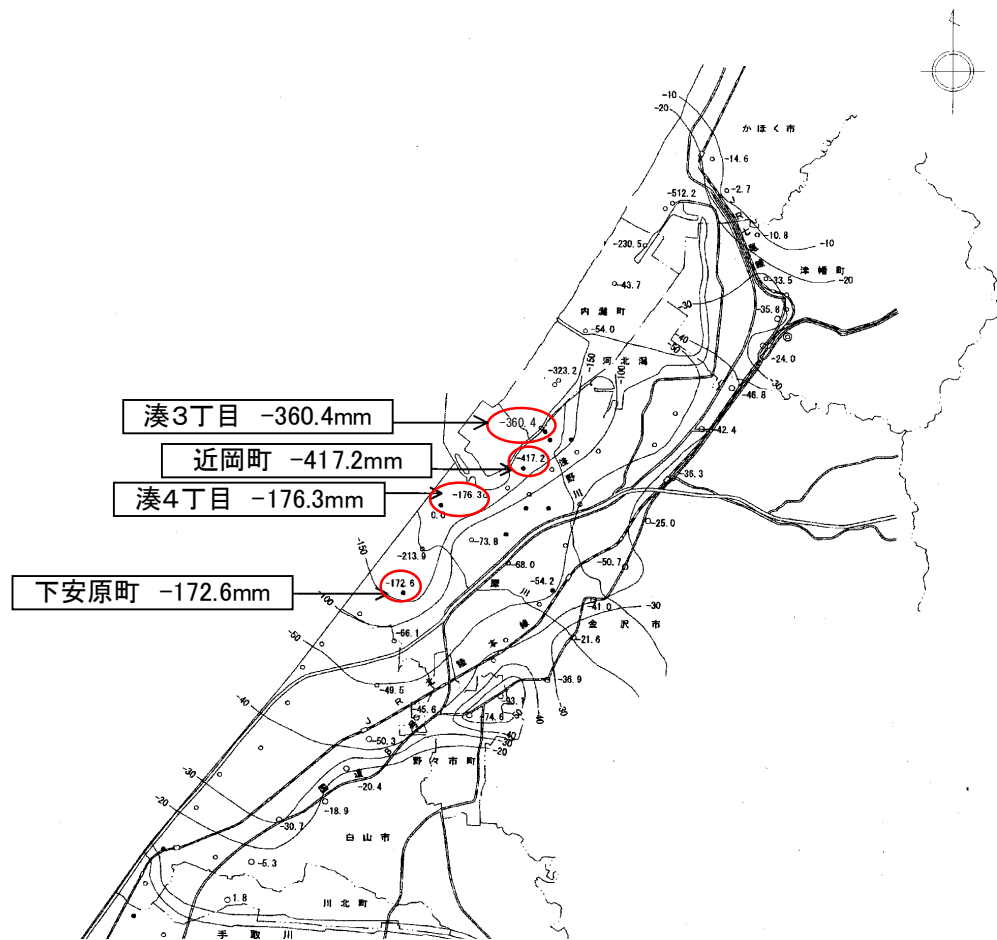


図1-4 地盤沈下等量線図 (昭和49年9月～平成16年9月間の変動)

資料 平成16年度石川県地下水保全対策調査報告書

(3) 観測井による地下水位と地盤収縮

① 金沢市の観測井の設置状況

金沢市では、市内9地点で地下水位を、また、4地点で地盤収縮を観測している。その設置状況を表1-1及び図1-5に示す。

表1-1 地盤沈下観測井の設置状況

| No. | 設置場所 | | 井戸深度 (m) | 種別 | | 設置年度 |
|-----|--------|------------|--------------|-----|-----|-------|
| | 所在地 | 地点名 | | 沈下計 | 水位計 | |
| ① | 浅野本町 | 城北水質管理センター | 60, 160 | ○ | ○ | 昭和52年 |
| ② | 東力町 | 米丸小学校 | 150 | ○ | ○ | 昭和53年 |
| ③ | 須崎町 | 浅野川小学校 | 75, 130 | ○ | ○ | 昭和54年 |
| ④ | 鞍月2丁目 | 石川県工業試験場 | 50, 120, 250 | ○ | ○ | 平成8年 |
| ⑤ | 昭和町 | 県道金沢停車場南線 | 150 | | ○ | 昭和46年 |
| ⑥ | 長町2丁目 | 長町研修館前 | 200 | | ○ | 昭和47年 |
| ⑦ | 金石東1丁目 | 金石中学校 | 150 | | ○ | 昭和51年 |
| ⑧ | 新保本1丁目 | 西南部中学校 | 150 | | ○ | 昭和55年 |
| ⑨ | 大手町 | 金沢総合健康センター | 200 | | ○ | 平成元年 |

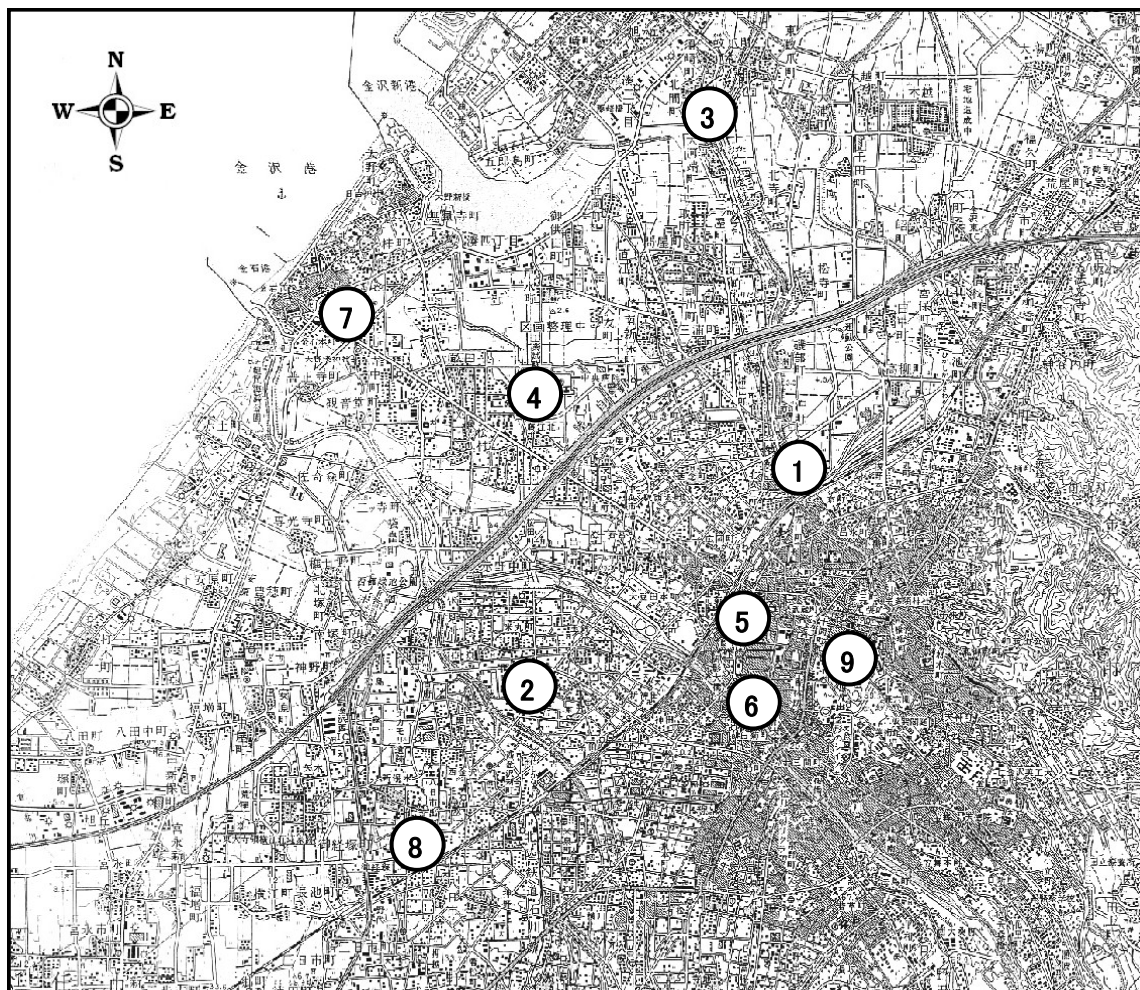


図1-5 金沢市観測井位置図（平成16年度末現在）

② 地下水位

代表的な観測井の地下水位の経年変動を図 1-6 に示す。

地下水位は、降雨量と地下水揚水量によって変動しており、毎年、冬季に大きな急低下が見られ、この時期を過ぎると次第に上昇し、ほぼ元の水位まで回復している。

地下水位の変動を経年的に見ると、近年はやや上昇の傾向にある。

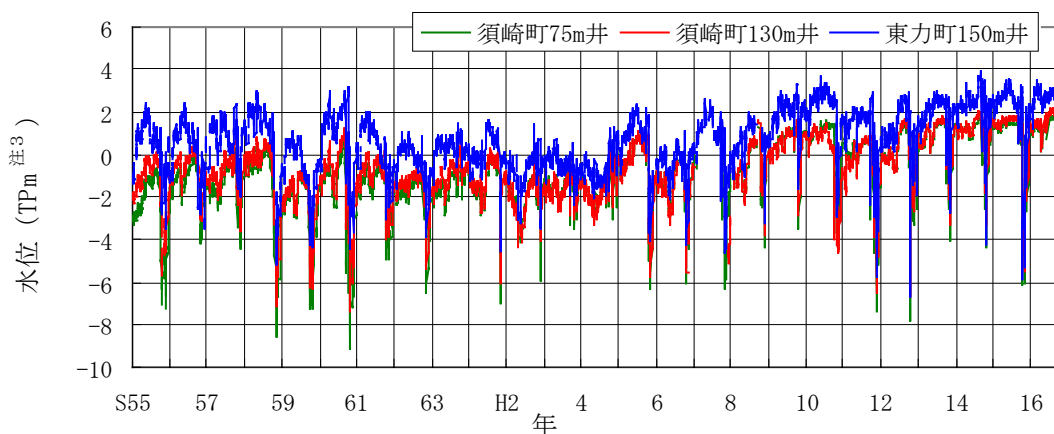


図1-6 地下水位変動（須崎町観測井、東力町観測井）

③ 地盤収縮

代表的な観測井の地盤収縮の経年変動を図 1-7 に示す。

地盤の膨張・収縮は、地下水位の上昇・低下と非常によく対応しており、冬季消雪時の地下水位の急激な低下に伴う地盤の収縮が見られる。冬季を過ぎると地下水位は元の水位まで回復しているが、それに伴う地盤の膨張量は僅かで、地盤収縮量は年々累積してきている。

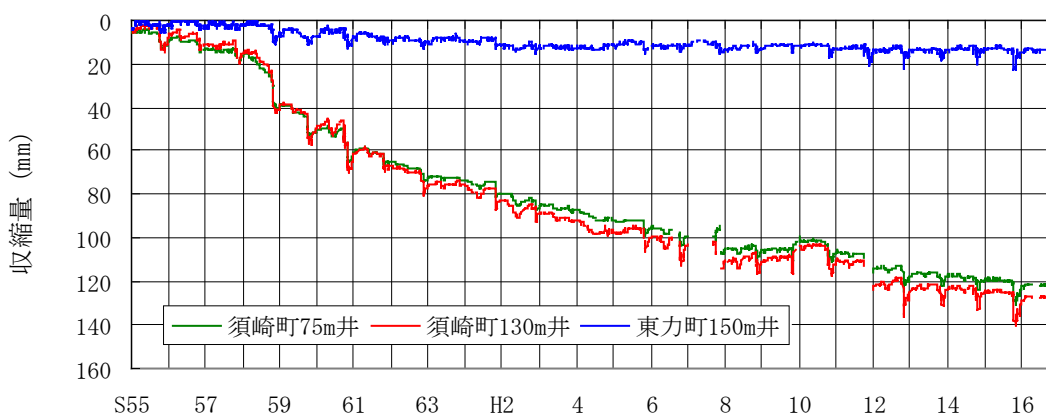


図1-7 地盤収縮変動（須崎町観測井、東力町観測井）

注3：図 1-6 中「TP」とは、東京湾平均海面をいう。

(4) 地下水揚水と地盤沈下の関係

地盤沈下は、地下水を短時間に集中して揚水した結果、地下水位が急低下し、帯水層の上下にある粘土層の中の地下水が絞り出されるために、粘土層が脱水圧密して地表面が低下する現象である。

金沢市では、地下水の障害を防止し、地下水を貴重な資源として適切に利用していく方策を検討するために、平成3年に「金沢市地下水保全検討委員会」が設置され、平成4年11月には、現状の総括と提言がなされた。その中では、地盤沈下の主たる原因は、「冬季消雪時において多量の地下水を揚水するためである」と述べられている。

金沢市の観測井のうち地盤収縮が顕著に見られる須崎町 130m 観測井における過去3年間の各月ごとの用途別揚水量と地下水位及び地盤収縮の関係を図1-8に示す。

工業用、建築物用の揚水量は通年的にほぼ一定であるのに対し、消雪用の揚水量は冬季に集中しており、この時期に大量の揚水が行われる。これに伴い、地下水位の急低下と地盤の収縮が見られる。このうち地下水位は、消雪用の揚水を終わると消雪用の揚水以前の水準まで回復しているが、地盤収縮は毎年完全に回復しきれず、収縮量が累積し、その結果として地盤沈下となって現れている。このことから冬季消雪時に短時間で多量の地下水を揚水することが地盤沈下の主たる原因と考えられる。

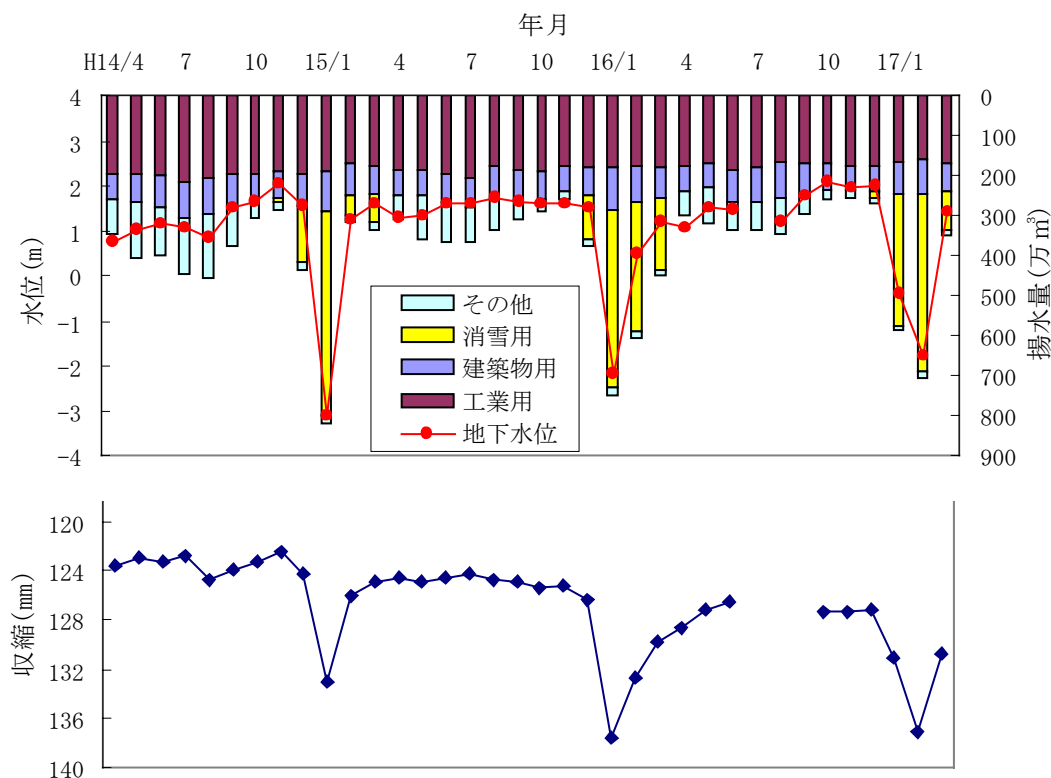


図1-8 月別揚水量と地下水位・地盤収縮の関係
(須崎町130m観測井)

2. 道路消雪揚水と地盤沈下

(1) 消雪用井戸

消雪用井戸の本数と揚水量の内訳は表 2-1 のとおりであり、道路消雪用井戸の本数が 540 本 (54.1%)、揚水量が約 720 万 m³/年 (81.6%) 占めている。また、道路消雪用井戸の中で市・県・国・公団^{注4)} の公的機関が保有するものは、本数で 499 本 (92.4%)、揚水量で約 693 万 m³/年 (96.3%) 占めている。

表2-1 消雪用井戸本数と揚水量 (平成16年度末)

| | 本数 | | 揚水量 | | 1本当たりの 揚水量(m ³ /本) | |
|--------|------|--------|-------------------|-----------|----------------------------------|--------|
| | (本) | 比率 | (m ³) | 比率 | | |
| 道 路 | 市関係 | 246 | 24.6% | 3,190,809 | 36.2% | 12,971 |
| | 県関係 | 195 | 19.5% | 2,853,596 | 32.4% | 14,634 |
| | 国関係 | 45 | 4.5% | 709,825 | 8.0% | 15,774 |
| | 公団関係 | 13 | 1.3% | 179,024 | 2.0% | 13,771 |
| | その他 | 41 | 4.1% | 264,967 | 3.0% | 6,463 |
| 小計 | 540 | 54.1% | 7,198,221 | 81.6% | 13,330 | |
| 鉄道 | 43 | 4.3% | 725,749 | 8.2% | 16,878 | |
| その他 | 416 | 41.6% | 896,519 | 10.2% | 2,155 | |
| 合計 | 999 | 100.0% | 8,820,489 | 100.0% | 8,829 | |

(2) 道路克雪方法の現状と課題

① 道路克雪方法の現状

道路克雪方法として地下水散水による消雪をはじめ、機械による除雪等さまざまな方法がある。表 2-2 に国・県・市における実際の克雪方法とその区間距離を示す。

地下水利用による消雪の割合は、平成 4 年度末で 17.6%であったが、平成 15 年度末では 22.4%となり、区間距離は 40.9%増加した。このうち、一斉散水方式に代わって交互散水方式が大幅に増加し、地下水の利用抑制策が講じられていることが分かる。その他、地下水に代わる散水方式として、河川水や下水道処理水の利用区間が増加しているが、その距離はわずかであり全体の 2.3%にすぎない。

注 4 : 「公団」とは、現在の中日本高速道路株式会社をいう (平成 17 年 10 月 1 日設立)。

表2-2 消融雪及び機械除排雪区間距離の推移（国・県・市合計）

（単位：km）

| | 平成4年度末 | | 平成15年度末 | | 増減 (H4→H15) |
|-----------|--------|-------|---------|-------|----------------|
| | | 比率 | | 比率 | |
| 消融雪区間距離 | 173.1 | 18.0% | 263.5 | 24.8% | 52.2% |
| 地下水利用 | 169.1 | 17.6% | 238.2 | 22.4% | 40.9% |
| 一斉散水 | 149.1 | 15.5% | 110.0 | 10.4% | -26.2% |
| 交互散水 | 20.0 | 2.1% | 128.2 | 12.1% | 541.0% |
| 河川水利用 | 3.9 | 0.4% | 18.4 | 1.7% | 371.8% |
| 下水処理水利用 | 0.0 | — | 6.6 | 0.6% | — |
| ロードヒーティング | 0.1 | 0.0% | 0.3 | 0.0% | 200.0% |
| 機械除排雪区間距離 | 787.7 | 82.0% | 798.7 | 75.2% | 1.4% |
| 総区間距離 | 960.8 | | 1,062.2 | | 10.6% |

② 地下水散水方式以外の消・融雪方式とその課題

地下水散水に頼らない無散水方式や、河川水や下水処理水の利用による消・融雪方式を表2-3に示し、その課題も併せて示す。

いくつかの方式を取りあげたが、いずれの方式も地下水による散水方式よりもコスト高となり、全国的にみてもその採用例は少ない。

表2-3 無散水方式及び河川水・下水処理水散水方式の課題

| 区分 | 原理 | 問題点 |
|---------|--------------------------|---|
| 無散水方式 | 地中熱方式 | 無散水方式では路面に積雪する前に消雪を行う必要がある。そのため、通常の散水方式より長時間の運転が必要となり、運転経費が高くなる。 |
| | 空気熱方式 | |
| | 太陽熱方式 | |
| | 海水熱方式 | |
| 電熱方式 | 発熱線を一定間隔で埋設し、通電して路面を暖める。 | |
| 河川水利用 | | 水温が低く、消雪に要する水量が地下水の3倍以上必要となる。水温を上げるには加温装置が必要となり、設備費や燃料費などのコスト高となる。 |
| 下水処理水利用 | | 消雪が必要な朝又は午前4時頃の流量が最も少なくなるため、消雪可能範囲が狭くなる。処理水を多量に使用するには大規模な貯留槽が必要となる。 |

③ 他都市における地下水取水規制と克雪状況

過去に地盤沈下や水源枯渇を生じた都市における地下水取水規制と克雪状況を表2-4に示す。

青森市においては取水の禁止、長岡市においては取水量の制限を実施しており、そのことにより地盤沈下は鈍化傾向にあるという。大野市は地下水の枯渇対策として規制を行い、井戸枯れは見られなくなったという。

表2-4 他都市における地下水取水規制と克雪状況

| | |
|------|---|
| 青森市 | <p>[取水規制] ・ 指定区域内で消雪用地下水の使用禁止（公害防止条例 S48～）</p> <p>[克雪状況] ・ 基本的には除雪で対応 ・ 排雪を下水処理水で融解</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 流雪溝を整備（使用水は河川水、下水道雨水管） ・ 海水熱源ヒートポンプを道路歩道融雪に活用 ・ 地下熱利用システムの活用 |
| 長岡市 | <p>[取水規制] ・ 大規模揚水設備設置者に自動降雪検知器、水量調節弁設置を義務付け</p> <p style="padding-left: 40px;">消雪用散水量の基準（地下水保全条例 S61～）</p> <p style="padding-left: 80px;">道路：0.30/m²・min、駐車場：0.40/m²・min</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 地盤沈下警報時に大規模揚水設備設置者に揚水量50%削減を要求（地盤沈下緊急時対策実施要領）（H16～） <p>[克雪状況] ・ 基本的には除雪で対応</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 既設消雪パイプについてインバーター付揚水量抑制システムを開発中 ・ 流雪溝、流水道路、投雪口の整備 ・ 地域の消雪パイプの設置には助成制度あり |
| 十日町市 | <p>[取水規制] ・ 第1種区域内の地下水の揚水は許可制（既存はみなし許可）</p> <p style="padding-left: 40px;">新設は行われていない（地下水利用適正化に関する条例 S57～）</p> <p>[克雪状況] ・ 基本的には除雪で対応</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 流雪溝の整備（市街地の幹線道路はほぼ整備済） ・ 既設消雪パイプは規制対象外なので利用 |
| 大野市 | <p>[取水規制] ・ 抑制地域における地下水の揚水は届出制、道路消雪に使用基準あり</p> <p style="padding-left: 40px;">観測井の水位 6 m以上→市長の承認が必要</p> <p style="padding-left: 40px;">観測井の水位 5 m以上 6 m未満→夜間のみ使用可</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 抑制地域の道路以外の消雪は禁止（地下水保全条例 S52～） <p>[克雪状況] ・ 基本的には除雪で対応</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 新設の消雪パイプはほとんどなし、既設の消雪パイプは利用可だが、水位の状況で使用停止、その際は除雪で対応 ・ 流雪溝を整備 |

(3) 道路消雪揚水と地盤沈下

① 道路消雪用井戸位置図と揚水量

金沢市内における市・県・国・公団の公的機関が保有する道路消雪用井戸の設置年度別分布状況（平成16年度末）を図2-1に、また、250mメッシュごとの消雪用揚水量（平成12年度から平成16年度までの5年間の年間平均値）を図2-2に示す。

これらの図より、昭和60年度頃までは金沢市市街地とその近辺に限られていた地下水消雪範囲が、平成年代に入ると、海側を主とする周辺地域や津幡町方向などへ拡大し、現在では、山間部を除く全域で地下水による消雪が行われていることが分かる。

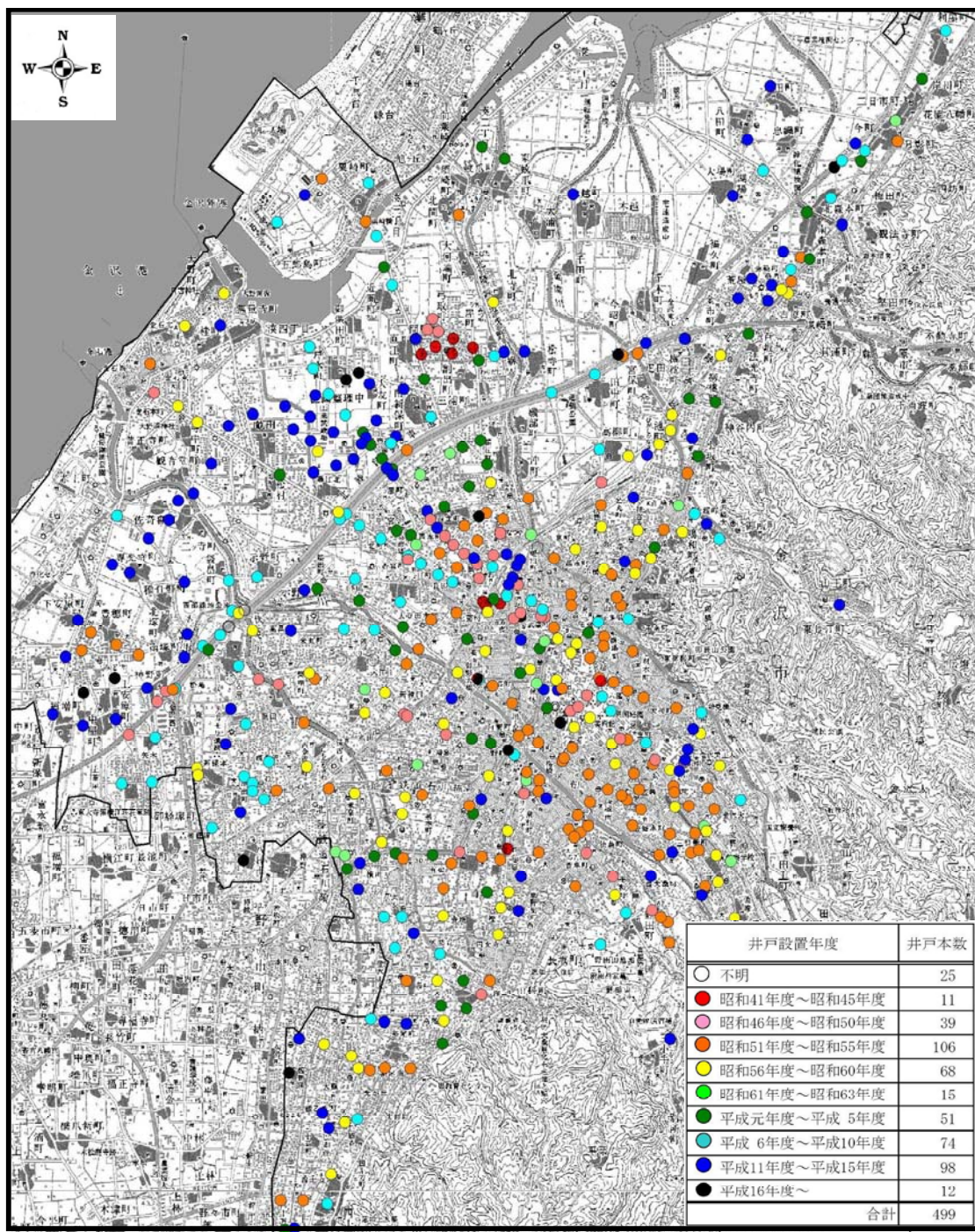


図2-1 設置年度別道路消雪用井戸分布図（平成16年度末現在）

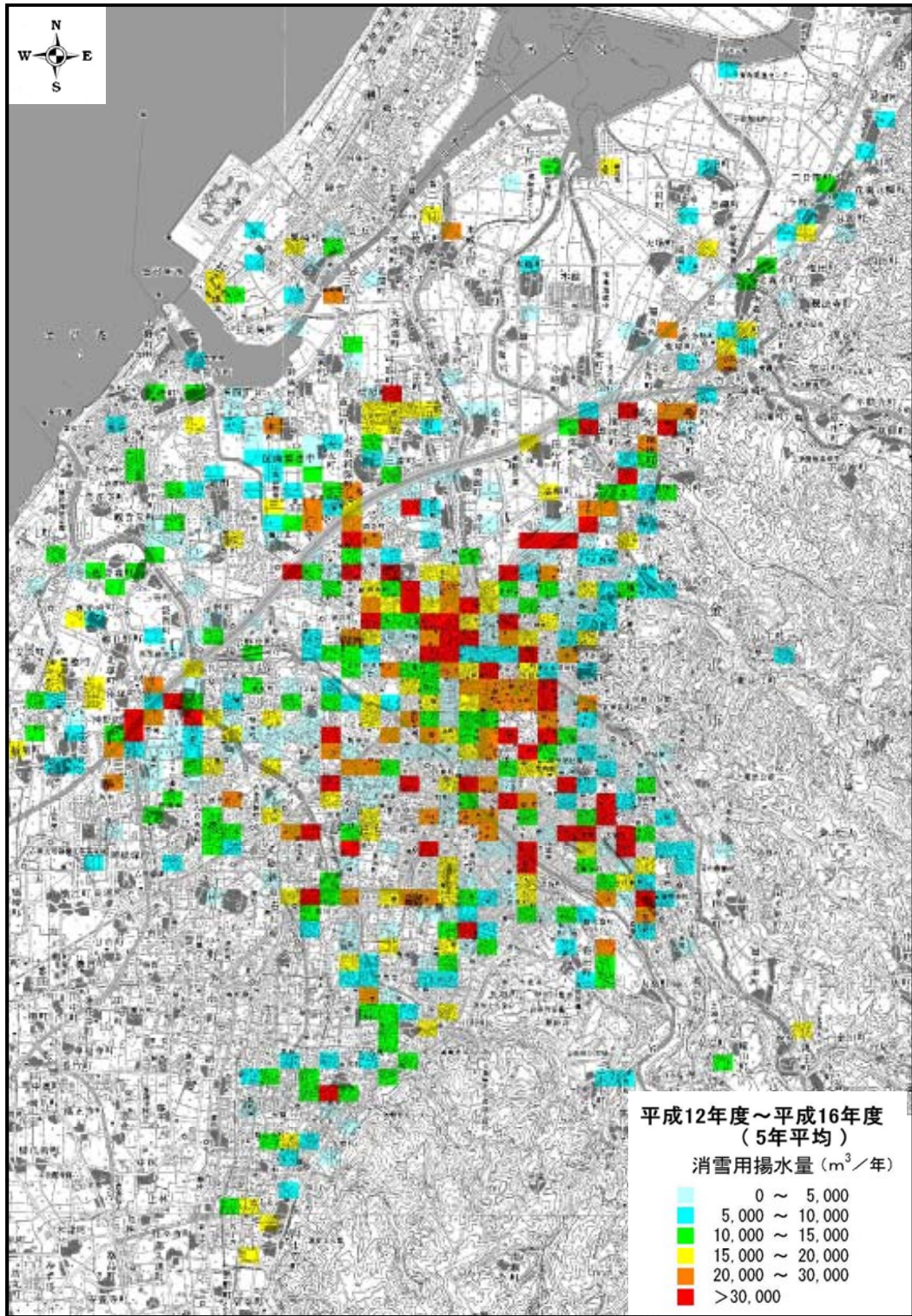


図2-2 消雪用揚水量メッシュ分布図
(H12～H16の年間平均揚水量)

② 道路消雪揚水と降雪量の関係

道路消雪用の揚水量と降雪量を図 2-3 に示す。揚水量と降雪量には密接な関係があるが、降雪量として記録されなかった日においても天候の状態に散水されている場合も見られる。

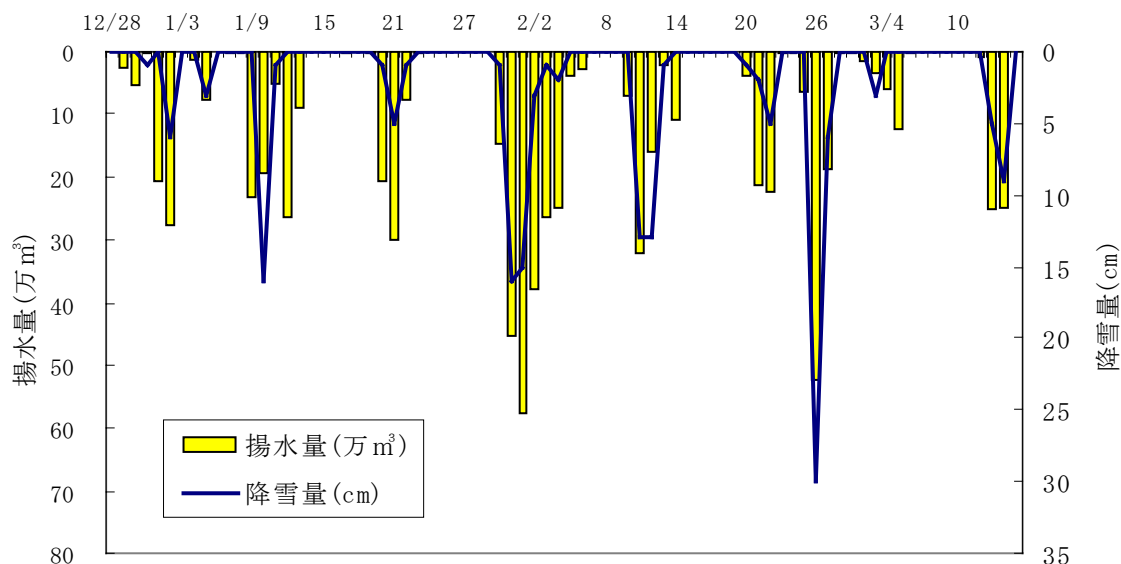


図2-3 日当たり道路消雪揚水量と降雪量（平成16年12月28日～平成17年3月15日）

注）揚水量は、市・県・国・公団が保有する道路消雪用井戸の揚水量を合計したものである。

③ 道路消雪揚水と地下水位・地盤収縮の関係

金沢市の観測井のうち最も地盤収縮の激しい須崎町観測井における平成 14～16 年度の 12 月 16 日から 2 月 15 日の間の地下水位及び地盤収縮と日当たりの道路消雪揚水量の関係を図 2-4～図 2-6 に示す。

なお、揚水量は、市・県・国・公団が保有する道路消雪用井戸の揚水量を合計したものである。

金沢市の特徴としては、1 月下旬から 2 月上旬にかけて多雪となる傾向が強く、この時期に多量の消雪用揚水が行われることで、地下水位の急低下とそれに伴う地盤収縮が起きている。その後、消雪用揚水が行われなければ、地下水位は 5 日から 10 日程でほぼ元の水準まで回復するが、それに伴う地盤の膨張は収縮した量を下回り、地盤収縮量が累積していつていることが分かる。

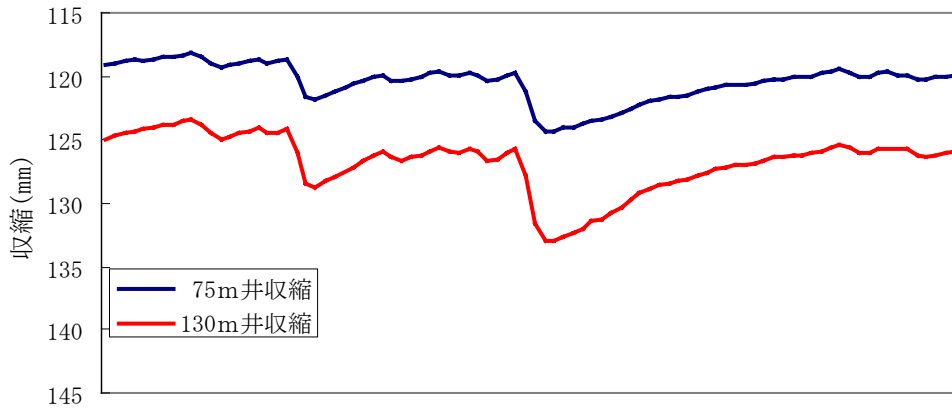
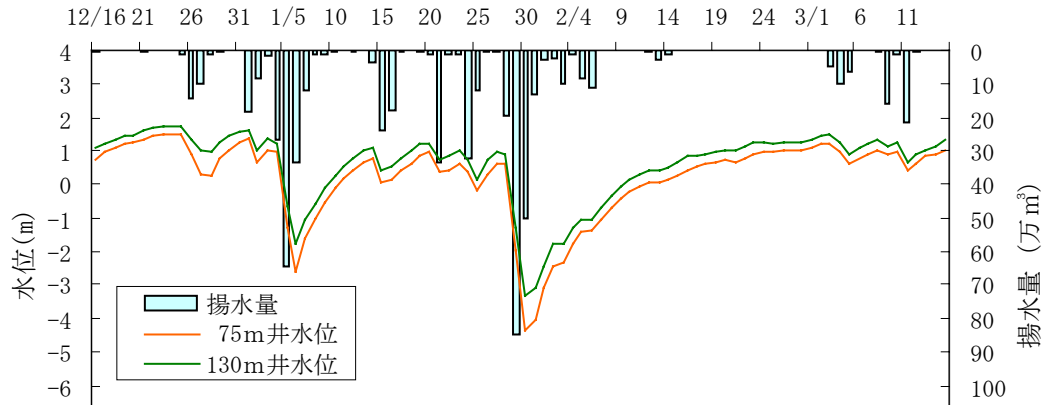


図2-4 日当たり道路消雪揚水量と地下水位・地盤収縮の関係
(平成14年度 須崎町観測井)

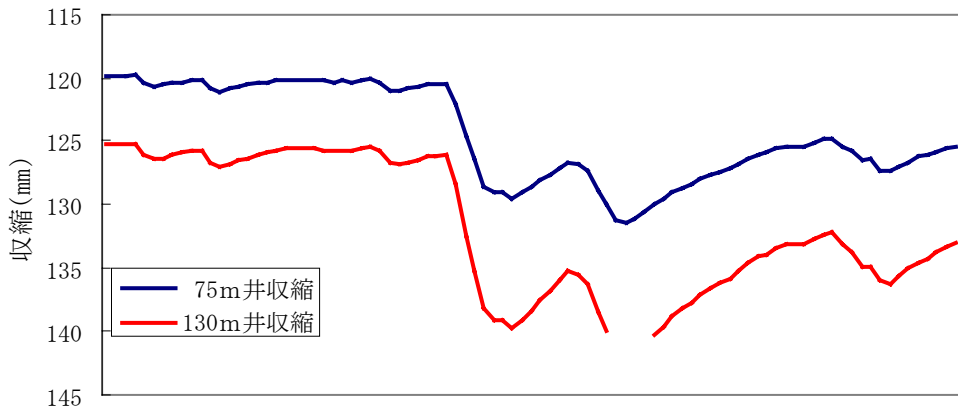
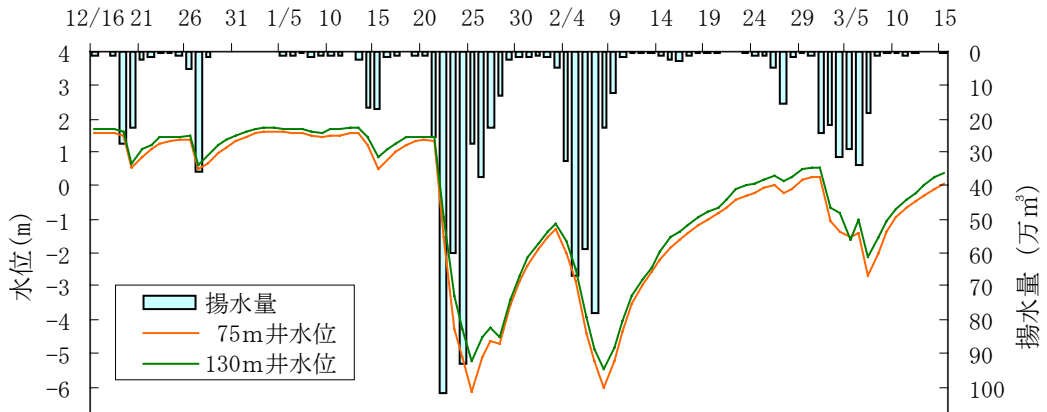


図2-5 日当たり道路消雪揚水量と地下水位・地盤収縮の関係
(平成15年度 須崎町観測井)

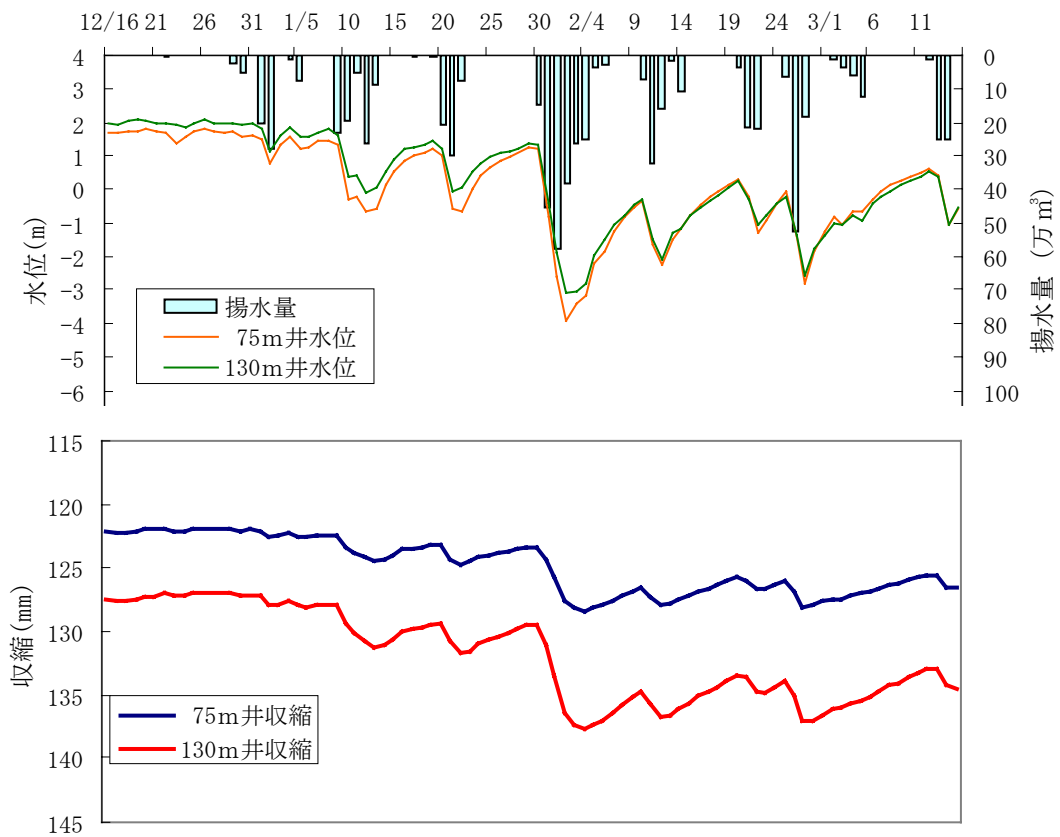


図2-6 日当たり道路消雪揚水量と地下水位・地盤収縮の関係
(平成16年度 須崎町観測井)

3. 水文地質解析

(1) 地下地質

① 金沢市の地質

金沢市の地質の状況を図 3-1 に示す。

市街地の地質は、森本・富樫断層を境に、台地部と平野部の 2 つに区分することができ、台地部は、犀川、浅野川沿いの河岸段丘が主であり、段丘堆積物、卯辰山層、大桑層などの洪積層が分布しており、平野部は、手取川扇状地の前面に広がる平坦部で、沖積層の下位には手取川扇状地堆積物、卯辰山層、大桑層などの洪積層が分布している。

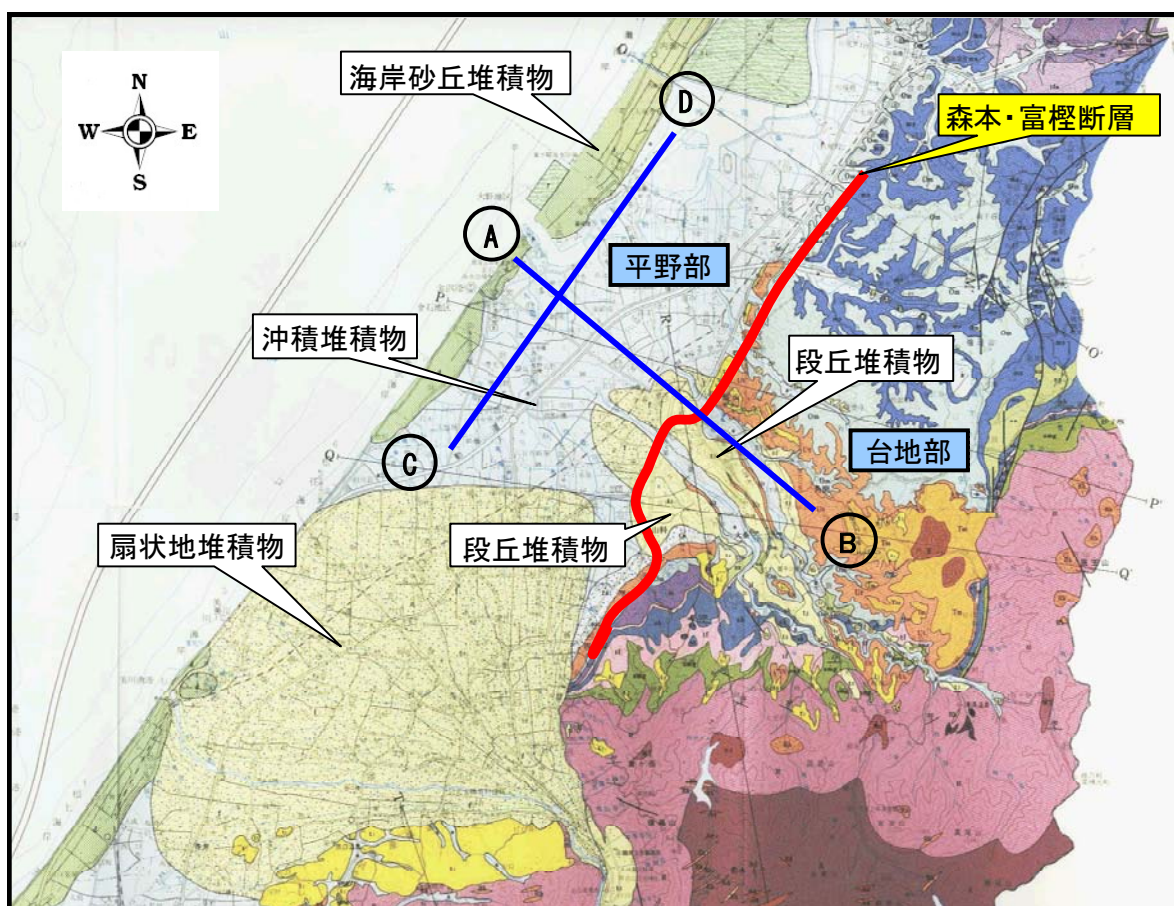


図3-1 金沢市の地質の状況
新版・石川県地質図 鮎野義夫編図（1993） 引用

② 地下地質断面図

小立野台地～兼六園～金沢駅～駅西通り（県庁）～金沢港を結ぶA－B断面（図 3-1 参照）を図 3-2 に、また、海岸線に平行な断面としてC－D断面（図 3-1 参照）を図 3-3 に示す。

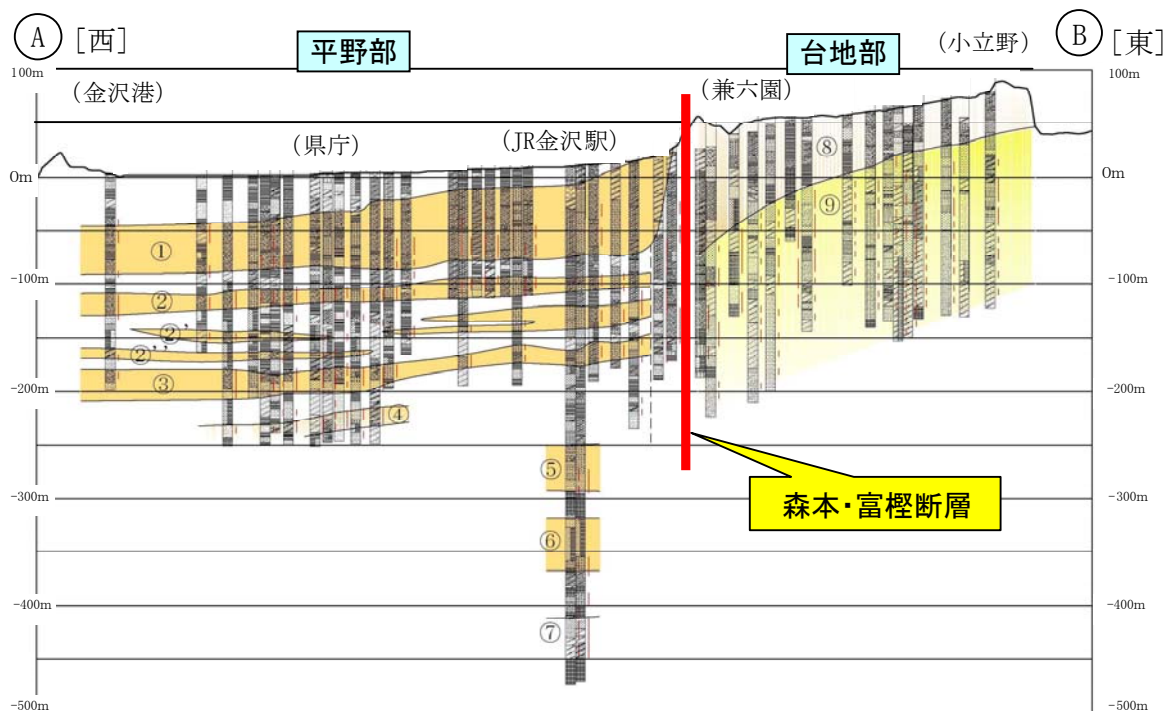


図3-2 地下地質断面図（A－B断面）

図3-2に示したA－B断面では、平野部では①～⑦、台地部では⑧、⑨の帯水層が確認された。

①帯水層は層厚が海側では約45m、山側では約90mで、海側から山側に向かって厚くなっている。基底は、海側では標高約-90m、山側では標高約-70mである。

②帯水層は層厚が約15mから20mと大きな変化はなく、基底は、海側では標高約-130m、山側では標高約-105mである。

③帯水層は層厚が海側では約30m、山側では約15mで山側に向かって薄くなっている。基底は、海側では標高約-210m、山側では標高約-175mと浅くなっている。

②帯水層と③帯水層の間に、不連続の②'帯水層及び②''帯水層が出現している。

④帯水層以深は連続性については不明だが、④帯水層は層厚が15m前後であり、基底が標高約-230m前後である。

⑤帯水層はJR金沢駅付近で層厚が約40mであり、基底が標高約-295mである。

⑥帯水層はJR金沢駅付近で層厚が約50mであり、基底が標高約-365mである。

⑦帯水層は標高約-410mから出現している。⑦帯水層は大桑層に相当すると考えられている。

⑧帯水層は基底が標高約45mから標高約-30mと海側に傾斜しており、卯辰山層下部に相当すると考えられている。

⑨帯水層は⑧帯水層の直下であり、大桑層に相当すると考えられている。なお、⑨帯水層と⑦帯水層の上限を比較すると、兼六園からJR金沢駅までの間で約340mの落差がある。

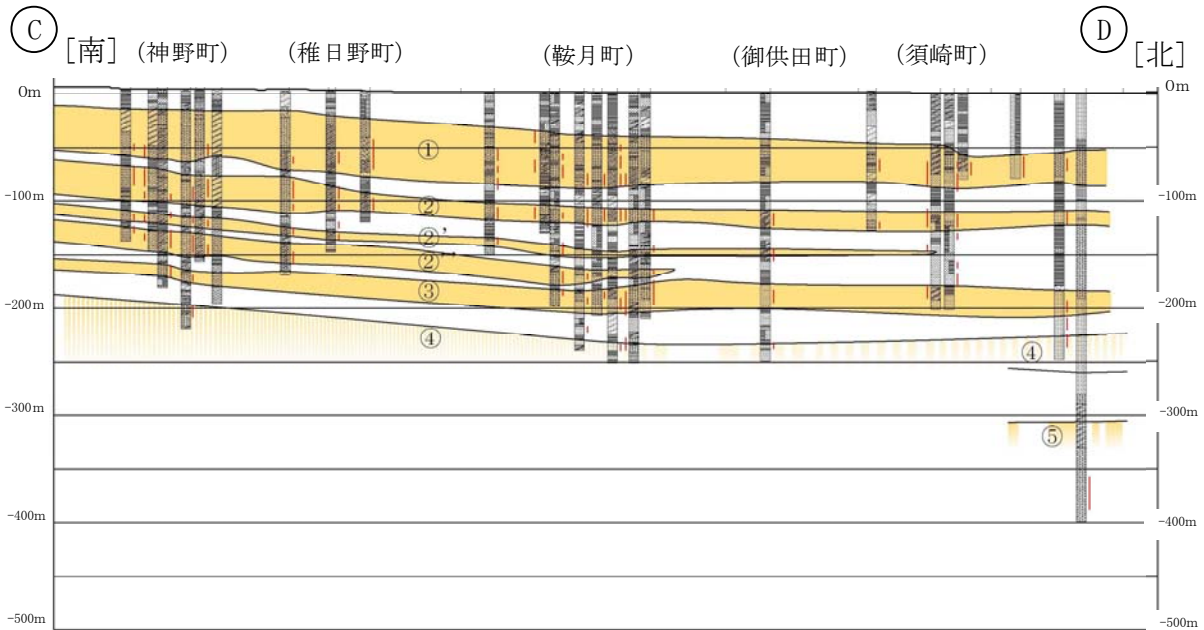


図3-3 地下地質断面図（C-D断面）

図 3-3 に示した C-D 断面では、南部の手取川扇状地から北部の河北潟方面に向かって、各帯水層の基底が深くなる様子や帯水層が薄くなる様子がみられる。

①帯水層は層厚が約 40m から約 30m で、北へ行くほど薄く、基底は標高約-50m から標高約-90m で、北へ行くほど深くなっている。

②帯水層は層厚が約 35m から約 10m で、北へ行くほど薄く、基底は、標高約-90m から標高約-125m で、北へ行くほど深くなっている。

③帯水層は層厚が、10m から 30m で、北へ行くほど厚く、基底は、標高約-165m から標高約-210m で、北へ行くほど深くなっている。

②帯水層と③帯水層の間に、②' 帯水層及び②'' 帯水層が出現しており、北へ行くと消失する。

④帯水層の上限は、標高約-190m から標高約-230m で、北へ行くほど深くなっている。

図 3-2 及び図 3-3 より、東西方向で見ると、各帯水層は、平野部では概ね水平に、台地部では海側に傾斜しており、台地部と平野部の境界付近を通る森本・富樫断層帯沿いで約 340m の地層のくいちがいが見られる。一方、南北方向で見ると、各帯水層は、北に向かって分布深度が深くなる傾向が見られる。なお、②、②'、②'' 帯水層は、層相変化に富んでおり、北へ向かうほど不明瞭となる。

(2) 帯水層基底等高線図

帯水層の基底面の標高値を基に等高線図を作成し、図 3-4 及び図 3-5 に示す。

図 3-4 は、図 3-2 及び図 3-3 で示した①帯水層の基底等高線図であり、南部の手取川扇状地部から北部の河北潟に向かって深くなる傾向が見られる。また、図 3-5 は図 3-2 で示した卯辰山層（⑧帯水層）の基底等高線図であり、森本・富樫断層を境に、台地部から平野部にかけて急激に深くなっていることが分かる。なお、この図は、「北陸地質研究所報告 No. 5」（1996 年）より引用した。

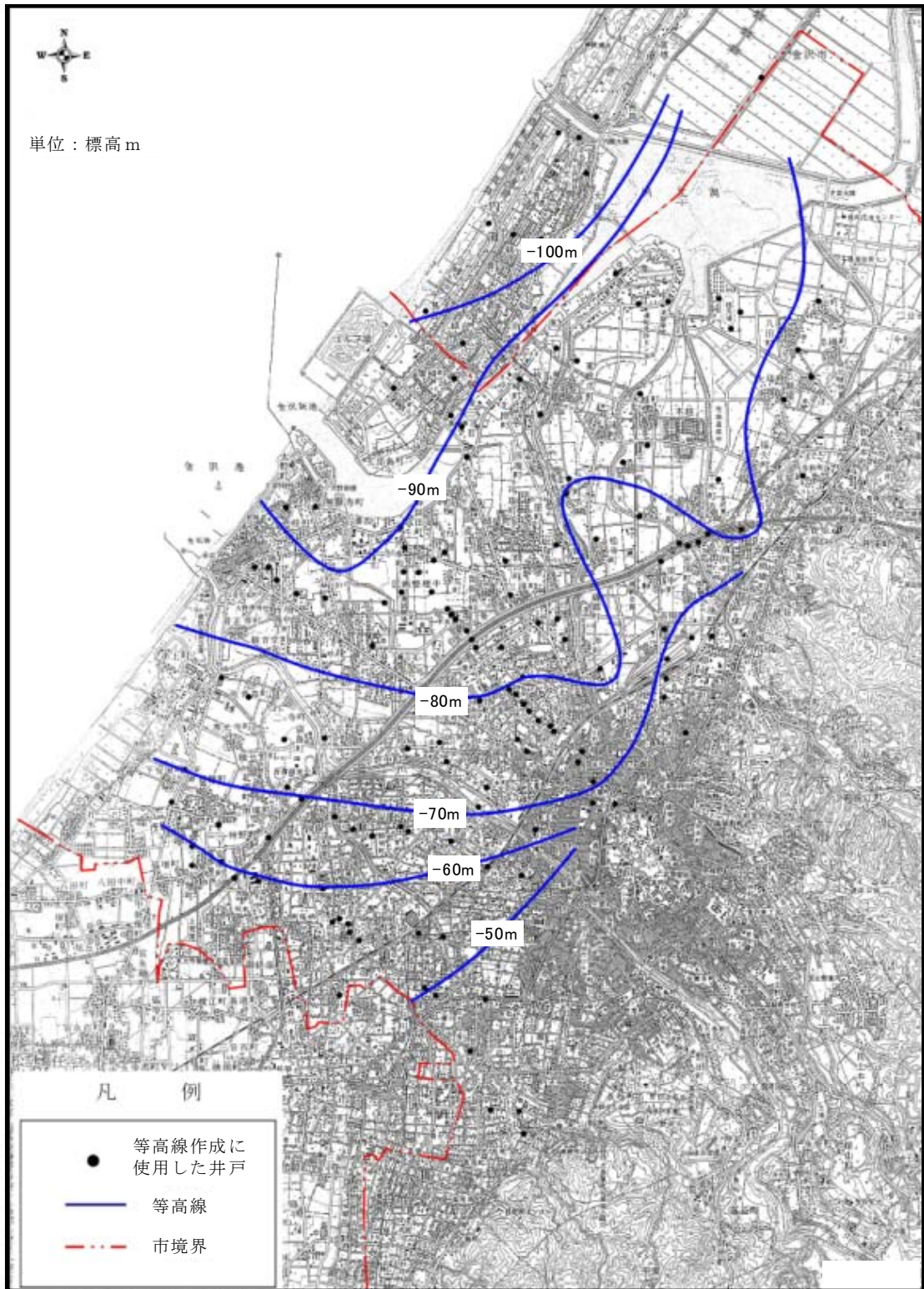


図3-4 ①帯水層基底等高線図

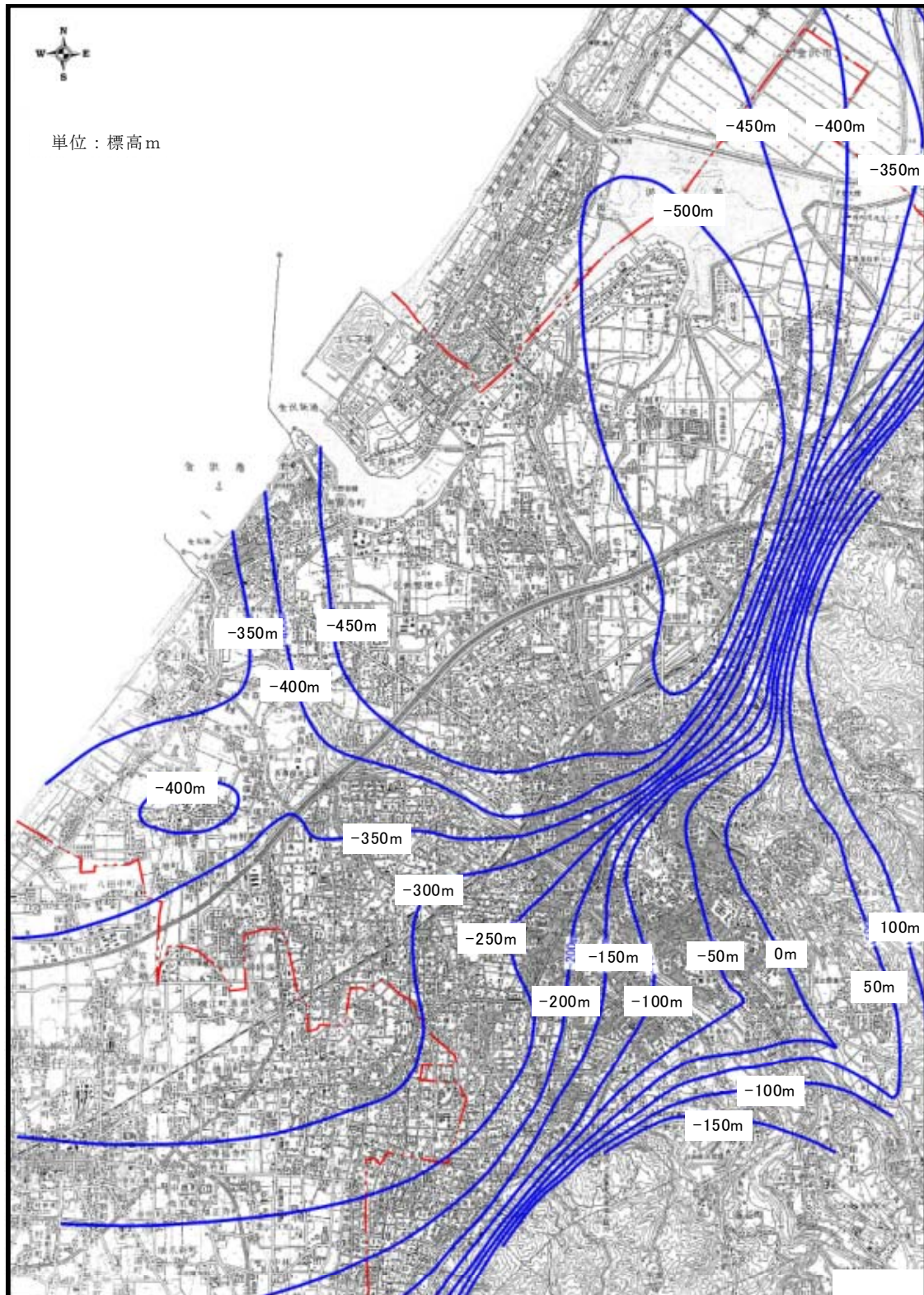


図3-5 卯辰山層基底等高線図

金沢市の大桑層と卯辰山層の研究 北陸地質研究所報告No. 5(1996)
 金沢市街と金沢平野の地下地質における大桑層・卯辰山層の分布
 と構造及び水理地質(中川耕二、竹内清和、中川重紀) 引用

(3) 沖積粘土層

沖積粘土層の等層厚線図を図 3-6 に示す。

沖積粘土層は北陸自動車道付近を境にして西側に厚く堆積しており、犀川以南では 20m 以上、犀川以北では 30～40m の厚さがある。これらの沖積粘土層が厚く堆積した地域は、地盤沈下が著しい区域（前述図 1-4 参照）とほぼ一致している。

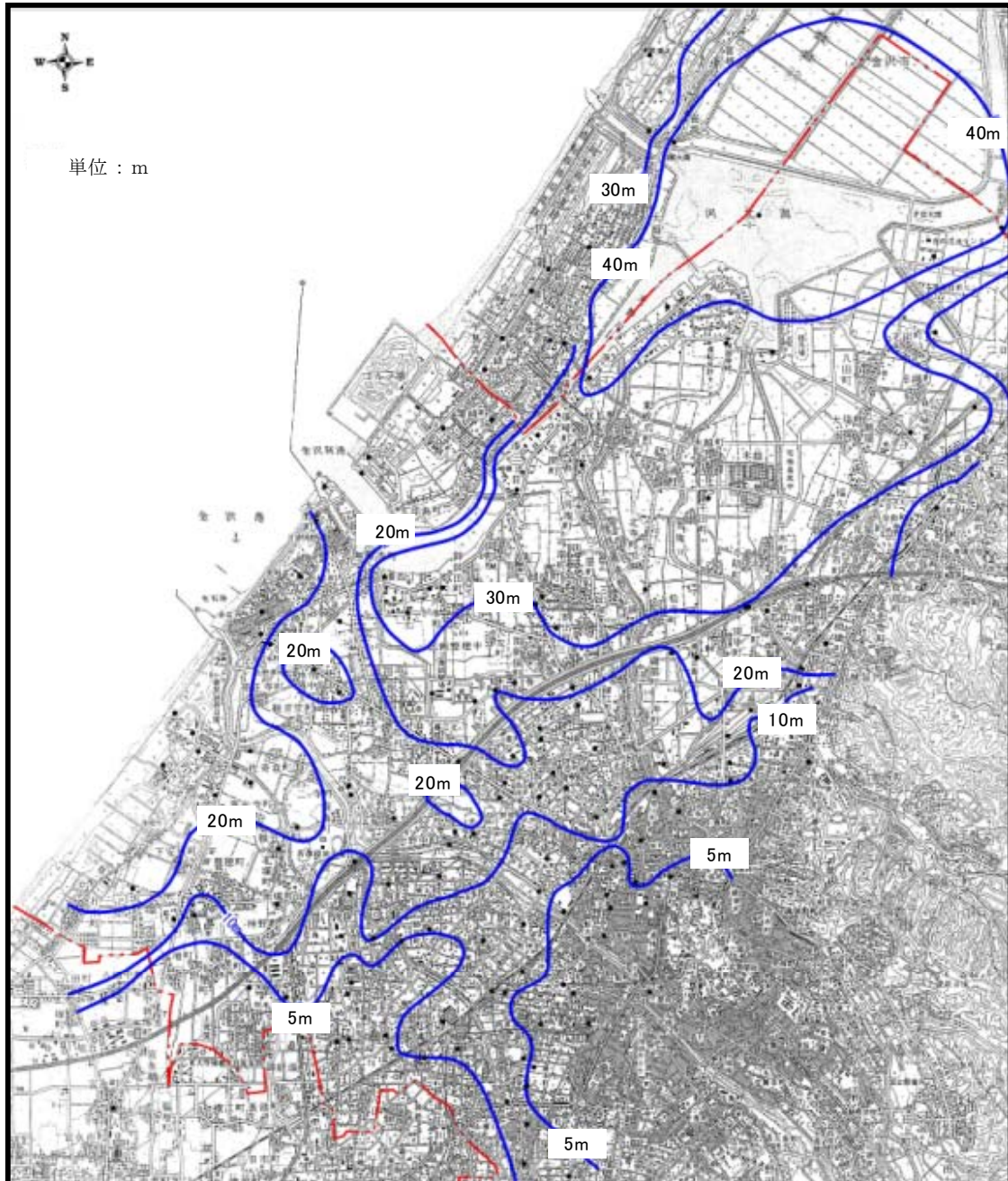


図3-6 沖積粘土層等層厚線図

昭和62年度金沢平野地域地盤沈下対策調査委託業務報告書(1988) 引用

(4) 比湧出量

道路消雪用井戸における比湧出量の分布を図 3-7 に示す。

比湧出量は、揚水量を水位降下量で割ったもので、井戸の湧出能力の指標である。台地部では 2000 L/min/m 以下の、平野部では 5000 L/min/m 以上の井戸が多く、両者には明らかな差異がみられる。

このことは、台地部では犀川・浅野川によって孤立地形となっているためと帯水層である卯辰山層・大桑層の地表分布域が台地部の周辺に限られているために地下水補給が少ないこと、かつ、特に固結度が比較的高いためであり、これに対し、平野部では広大な手取川扇状地域を背後に有し、固結度が低い扇状地砂礫層が厚く分布し、かつ、その下位にも何枚もの砂礫層が分布しているためと考えられる。

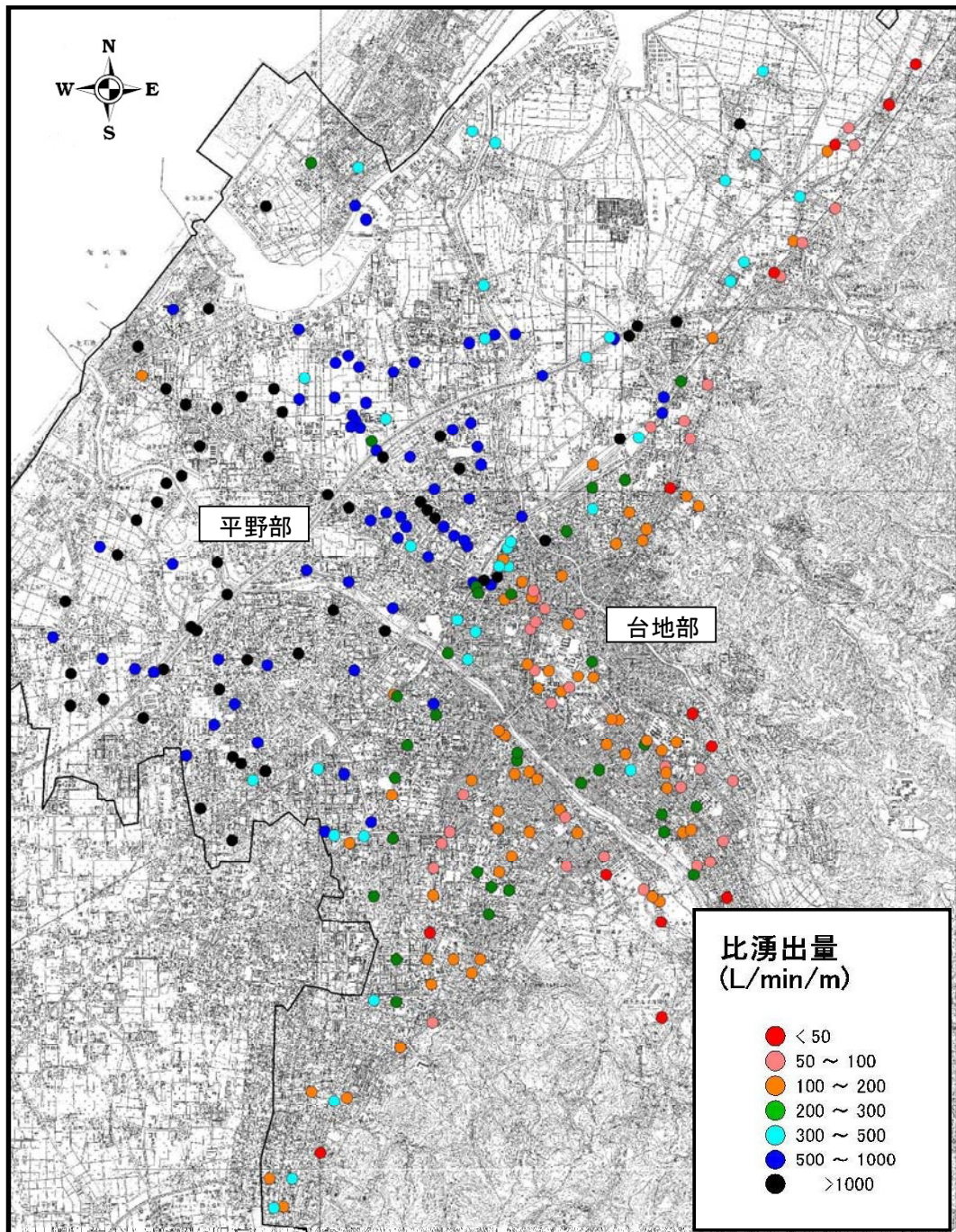


図3-7 道路消雪用井戸の比湧出量分布図

4. 提言

(1) 地下水の使用抑制策

金沢市で見られる地下水障害は、平野部での地盤沈下、台地部での消雪時の揚水障害や湧水量の減少であり、その中で最も早急に取り組むべき課題は地盤沈下である。

すなわち、北陸自動車道より海側の沖積粘土層が厚く堆積している区域で地盤沈下が進行しており、水準測量を開始した昭和 49 年からの累積沈下量は、最大地点の近岡町で平成 16 年までの 30 年間に 41.7cm に達している。

地盤沈下がこのまま進行すると、金沢港から河北潟に面した低平な地域では、浸水被害が発生し、また、道路、水路などの社会資本の再整備が必要となり、建物被害が顕在化するなど、大きな社会的損害をもたらすことが懸念されるところであり、早急に対策を講じなければならない。

本委員会では、冬季消雪用に地下水を短時間に集中して大量に揚水することが、地盤沈下の主要因であることを共通の認識とし、その抑止のためには、消雪用の地下水揚水量を抑制することが最も効果的な対策であると判断した。

① 消雪用の許容揚水量

平成 4 年の金沢市地下水保全検討委員会*¹（以下「前委員会」という。）では、「金沢市において地盤沈下を来さず揚水できる地下水量すなわち許容揚水量は 30～35 万 m³/日、うち消雪用は 10 万 m³/日である。」と推測した。

その後、地下水の使用状況は大きく変化してきている。工業用を主とする揚水量の減少により年間の総揚水量は年々減少し、消雪用以外の地下水揚水量は平成 4 年度の 6,370 万 m³（約 20 万 m³/日）から平成 16 年度の 3,478 万 m³（約 10 万 m³/日）にほぼ半減している。

一方、消雪用の地下水揚水量は、降雪量が少ない状況が続いているにもかかわらず、増加の一途をたどり、平成 4 年度に年間 253 万 m³であったものが、平成 16 年度には年間 882 万 m³に達している。

このように降雪時の地下水揚水量が増加したのは、前委員会の提言*²以降、道路消雪担当部局の努力により、一斉散水から交互散水への切り替え、河川水、下水処理水の利用などの節水策が講じられてきたにもかかわらず、消雪用井戸の本数が大きく増加したためである。平成 4 年度に 583 本であったものが平成 16 年度には 999 本にまで増加している。

このような状況のなかで、前委員会が推測した許容揚水量のうち少なくとも消雪用については見直す必要がある。

これまでの観測結果から見て、集中的に揚水した場合とそうでない場合では地下水位低下と地盤収縮の関係に明らかな違いが見られる。このため、地盤沈下を来さないための消雪用の許容揚水量は、累積の揚水時間や揚水量等により変動するものとして、幅を持って考える必要があるが、降雪時に 20 万 m³/日以上消雪用揚水を繰り返す状況は、少なくとも許容できる水準を超えていると考えられる。

② 消雪用新設井戸の規制

現在ある消雪用の井戸が増加しなくとも、今後、ある程度まとまった降雪があれば、既設消雪井戸の稼働のみで 100 万 m³/日程度の揚水が見込まれ*³、地盤沈下を進行させる。したがって、消雪用の井戸の新設については、原則として認めない方向で規制を行うべきである。

市街地が立地する台地部と平野部の地質には大きな差異があるが、地下水の容れ物としては一体として考えられるので、両区域を対象とすべきであり、井戸深度、井戸規模による例外を設けることは好ましくない。

③ 消雪用既設井戸の揚水量の抑制

消雪用の新設井戸を規制しても、既設消雪井戸を従来通りに稼働すれば、地盤沈下がさらに進行し、大きな被害をもたらすことは避けられない。したがって、消雪用既設井戸の揚水量は抑制すべきである。

消雪装置の効率的運転に努めるとともに、節水型の消雪装置への切り替えや一斉散水方式から交互散水方式への切り替えを進めるなどして、消雪用の地下水揚水を大幅に縮減しなければならない。

また、消雪用に大量の揚水を行う事業所に対して、揚水量抑制計画の策定を義務付け、節水努力を促すとともに、的確な指導を行っていくことが必要である。

④ 地下水以外の消・除雪対策

これまで、冬季における市民生活や産業経済活動に必要な道路交通の確保のために、地下水を使用した消雪装置は大きな役割を担ってきた。

地下水使用抑制による地盤沈下の防止と道路交通の確保は両立させる必要があり、地下水以外の消・除雪対策を積極的に進めなければならない。

下水処理水、河川水の利用や電熱利用など、これまで進められてきた消雪対策のほか、地中熱、太陽熱蓄熱等の新技術消雪についても導入の可能性を検討することが必要である。

また、基幹道路での機械除雪を拡大するとともに、細街路での機械除雪や流雪溝の整備などについても検討する必要がある。

⑤ 消雪用以外の揚水量の監視・指導

近年地下水を利用した専用水道へ切り替える事業所が増加する傾向にある。現在のところ、工業用、建築物用の地下水揚水量の減少によって、地下水位は経年的には上昇傾向にあり、専用水道への切り替え量が工業用、建築物用の減少量の範囲内に止まっているので、地盤沈下などの地下水障害に大きな影響を与える状況ではない。

しかし、多くの事業所が地下水を利用した専用水道へ切り替えた場合は、悪影響を及ぼす恐れもあることから、その動向を注視するとともに、消雪以外の地下水利用者に対しても、特に冬季に大量に揚水すれば地下水障害をもたらすことを訴えかけ、節水を行うよう協力を求めていく必要がある。

⑥ 市民及び企業の協力

地下水は貴重な資源であり、市民や企業は地下水の節水利用に積極的に協力することが大切である。このため、市は、広く地下水をとりまく環境に関する情報を提供し、地下水の節水利用を促していくとともに、道路除雪に対する協力を求めることが必要である。

(2) 地下水の涵養

現在生じている地盤沈下を主とする地下水障害に対処するためには、消雪用地下水の使用抑制が最も根本的な対策であるが、長期的に見れば、地下水の需給バランス上涵養の促進が重要である。地下水の涵養源である森林、農地の保全・整備が必要であり、雨水浸透柵・透水性舗装・浸透池など人工涵養を普及させることが大切である。

(3) 広域的な対策の必要性

金沢市における地盤沈下は、手取川扇状地の前面に広がる平野部の沖積粘土層が厚く堆積しているところに現れたものであり、消雪時に地下水を短時間に集中して大量に揚水することによって、手取川扇状地域の地下水収支バランスが崩れた結果でもある。この地盤沈下傾向に歯止めをかけるためには、県や手取川扇状地域に位置する周辺市町と連携し、広域にわたって地下水使用抑制対策を講じていく必要がある。

(4) 地下水障害に関する観測・監視体制

① 地盤沈下の観測

地盤沈下の状況を把握し、その対策を講じるための基礎的データとして水準測量は必要不可欠である。現在市内では国が 10 箇所、県が 27 箇所の水準測量を実施しているが、西インター周辺、競馬場周辺には水準測量地点がない。これらの地域での状況を把握するため、新たに水準測量地点を設け、観測を行うことが望ましい。

② 地下水位・地盤収縮の監視

金沢市内の 10 地点で地下水位を、4 地点で地盤収縮を観測しているが、観測地点は、過去の地盤沈下の状況から、中心部から北西部にかけての地域に集中している。

しかし、近年は下安原町など犀川下流部で地盤沈下が進行しており、また、小立野台、寺町台では冬季の地下水位低下の問題が生じている。今後は、これらの地域での監視体制も強化していく必要がある。

③ 地下水揚水量の正確な把握

現在、地下水揚水量として、ポンプの能力に稼働時間を乗じた量を報告することも認めているが、この方法では、井戸やポンプの能力低下等により実揚水量と乖離している可能性がある。今後、地下水障害の対策を進めるうえで、揚水量の把握は基礎的な事項となるため、量水器による揚水量報告を義務付けるなど地下水揚水量の正確な把握に努める必要がある。

④ 地下水塩水化の観測

現在、海岸線に近い金石東1丁目観測井で深度65mと120m付近の地下水の塩素イオン濃度等を観測しているが、現時点では塩水化の兆候は見られない。

しかし、県内市町のなかには地下水の塩水化が進み被害をもたらしている例もあるので、海岸部での監視は継続していく必要がある。

(5) その他

① 公共財としての地下水

地下水の利用は、これまで私的財産権の一部であると考えられており、本市においては、その利用を制約していない。

今後、市が、市民や企業に地下水の節水利用に協力を求めていくためには、地下水は公共財であり利用は制約されるものであるという考え方を、市民に浸透させることが肝要である。このため、国に対して、現在の法制度を公益重視の制度に見直すとともに、地下水保全に関する総合的な対策を講じるよう強く働きかけていくことが必要である。

② 地下水使用抑制策の策定・実施に際して

地下水使用抑制策の策定・実施に際しては、地域別、地層別に見た地下水揚水や地盤沈下の状況、道路交通に与える影響とその対応策などを十分に考慮する必要がある。

* 1 金沢市地下水保全検討委員会

地下水障害を防止し、地下水を適正に利用していく方策を検討するために平成3年度に設置した委員会であり、平成4年11月に地下水保全対策について市長あて提言を行った。

* 2 金沢市地下水保全検討委員会の提言（概要）

地盤沈下の主要因は、冬季消雪時に多量の地下水を揚水するためであり揚水量の節減を考えることが大切である。

特に道路消雪は影響が大きいため、表流水や下水処理水などを利活用し、地下水をできる限り使用しない方法に転換していくことが必要である。

規制については、現時点では必ずしも必要ではないが、市民・企業などの利用者に対して地下水節水の啓蒙・指導することが必要である。

* 3 最深積雪 49cm であった平成 16 年 1 月に消雪用の日最大揚水量 107 万 m³を記録している。

金沢市地下水適正利用検討委員会委員

| 委員名 | | 役職 |
|-----|-------|------------------|
| 委員長 | 藤 則雄 | 金沢大学名誉教授 |
| 委員 | 中川 耕二 | 金沢市まちづくり専門員 |
| 委員 | 加藤 道雄 | 金沢大学大学院自然科学研究科教授 |
| 委員 | 北浦 勝 | 金沢大学大学院自然科学研究科教授 |
| 委員 | 中川 重紀 | 石川県鑿井協会技術委員長 |
| 委員 | 小川 義厚 | 北陸地盤工学研究会会員 |