

3. 地下水利用特性

3-1. 消雪用地下水揚水量の推定方法

(1) 公共道路の井戸

①揚水量の推定方法

各消雪施設の稼働時間は、使用電力量合計を設置されているポンプ出力で除すことで求めることができるが、揚程やバルブの調整により定格出力で運転されてとは限らず、単純な計算では誤差が生じる。そこで、アワーメーター（積算時間計）が取り付けられている複数の消雪井戸を選定し、冬期間の稼働時間と使用電力量を調査し、ポンプ使用電力の特性（単位時間消費電力及びポンプ出力係数）を把握したうえで、以下の計算式により稼働時間を算出する。

そして、各井戸の揚水量は、消雪延長、消雪幅員、基本散水量、稼働時間の積から求めるものとした(式 3-1(4))。なお、基本散水量については、消雪施設台帳に記載があるものはその値を用い、ないものは「路面消・融雪施設等設計要領（同編集委員会,平成 12 年 3 月）」により算出する(式 3-1(6))。

$$\text{時間消費電力 (kW/h)} = \frac{\text{累計使用電力量 (kW)}}{\text{累計稼働時間 (h)}} \quad \text{(式 3-1(1))}$$

$$\text{ポンプ出力係数 (l/h)} = \frac{\text{時間消費電力 (kW/h)}}{\text{ポンプ定格出力 (kW)}} \quad \text{(式 3-1(2))}$$

$$\text{稼働時間 (h)} = \frac{\text{使用電力量 (kW)}}{\text{ポンプ定格出力 (kW)} \times \text{ポンプ出力係数(l/h)}} \quad \text{(式 3-1(3))}$$

$$\text{揚水量(l/min)} = \text{消雪延長(m)} \times \text{消雪幅員(m)} \times \text{基本散水量(l/min}\cdot\text{m}^2) \times \text{稼働時間(T)} \quad \text{(式 3-1(4))}$$

②調査対象井戸

消雪井戸の運転方式は、

- ・市建設課により集中管理が行われているもの（市街地）
 - ・降雪検知器により個別に動作しているもの（周辺地域）
 - ・いくつかの消雪井戸が連動するブロック制御が行われているもの（国道と県道の一部）
- がある。そこで、それぞれの運転方式について数箇所の施設を選定し、稼働時間と使用電力量の調査を実施した。なお、調査期間は 2007 年 1 月 22 日～3 月 16 日である。調査対象井戸を表 3-1(1)及び図 3-1(1)に示す。

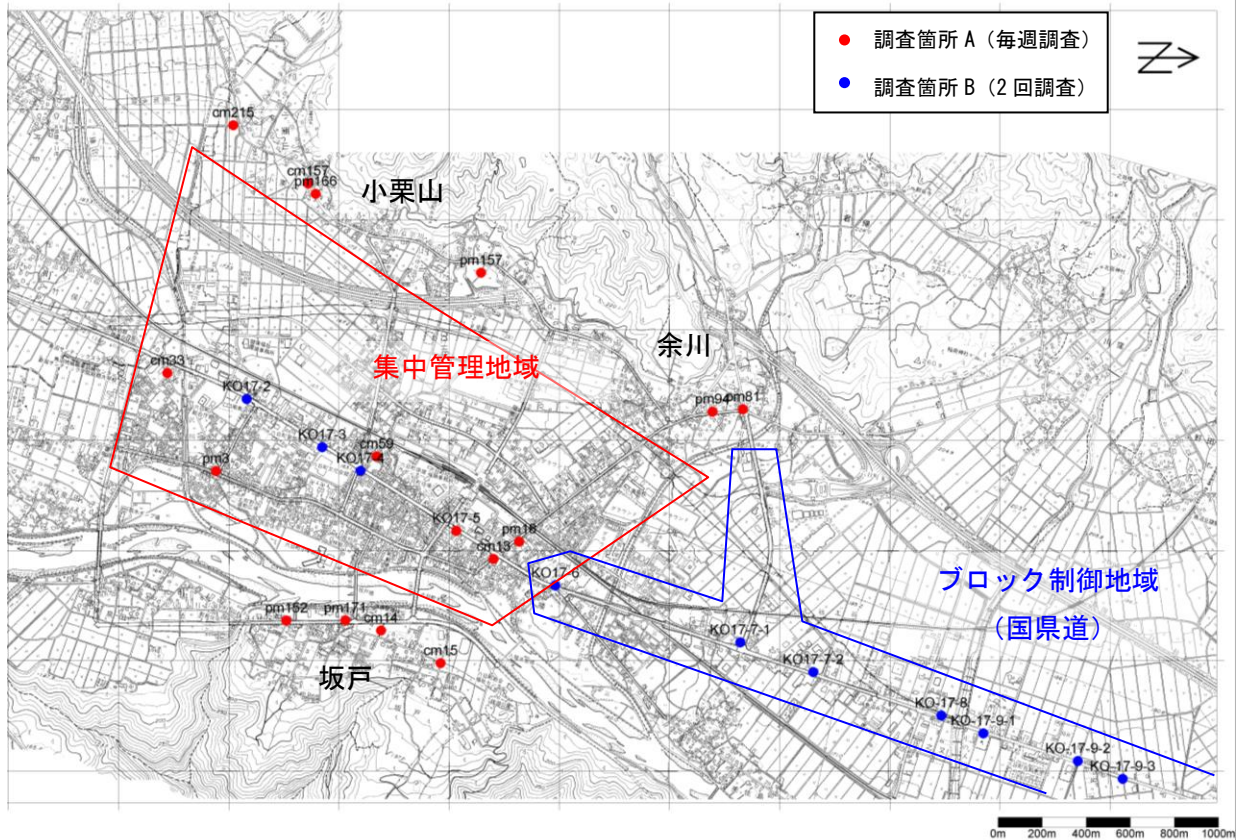


図 3-1(1) 公共道路の消雪井戸稼働時間調査箇所

表 3-1(1) 公共道路の消雪井戸稼働時間調査箇所一覧

地域	図中記号	管理者	井戸番号	集中管理グループ等	ポンプ出力 (kW)	調査頻度
余川 【非集中管理区域】	pm81	新潟県	六消第81号		15	調査箇所A: 約1週間毎
	pm94	新潟県	六消第94号		15	
小栗山 【非集中管理区域】	pm157	新潟県	六消第157号		30	
	pm166	新潟県	六消第166号		18.5	
	cm157	南魚沼市	町消157号		22	
坂戸 【非集中管理区域】	cm215	南魚沼市	町消215号		22	
	pm171	新潟県	六消第171号		15	
	pm152	新潟県	六消第152号		7.5	
	cm14	南魚沼市	町消14号		11	
市街地 【◎集中管理区域】	cm15	南魚沼市	町消15号		15	
	KO-17-5	国交省	KO-17-5(萬盛庵)	1	18.5	
	pm18	新潟県	六消第18号	4	3.7	
	pm3	新潟県	六消第3号	2	3.7	
	cm13	南魚沼市	町消13号	10	3.7	
国道17号 【◎集中管理区域】	cm59	南魚沼市	町消59号	13	11	
	cm33	南魚沼市	町消33号	6	5.5	
	KO-17-2	国交省	KO-17-2(創価学会)		11	
	KO-17-3	国交省	KO-17-3(公民館)		18.5	
国道17号沿い 【非集中管理区域】	KO-17-4	国交省	KO-17-4(六日町歩道橋)		15	調査箇所B: 1月と3月の2回
	KO-17-6	国交省	KO-17-6(八幡)		15	
	KO-17-1	国交省	KO-17-1(竹俣)	六日町1	15	
	KO-17-7-2	国交省	KO-17-7-2(栄寿庵)		30	
	KO-17-8	国交省	KO-17-8(庄の又)		22	
	KO-17-9-1	国交省	KO-17-9-1(イエローハット)	六日町2	18.5	
	KO-17-9-2	国交省	KO-17-9-2(佐川)		18.5	
KO-17-9-3	国交省	KO-17-9-3(平成堂)		18.5		



写真 3-1(1) 消雪井戸制御盤



写真 3-1(2) アワーメーターの例

③累計稼働時間

公共消雪井戸の累計稼働時間の推移を図 3-1(2)に示す。平成 18 年度の稼働時間は、集中管理を行っている井戸で短く、非集中管理の井戸で長くなっている様子が分かる。また、集中管理を行っている井戸でも、国県道の稼働時間は、市道の稼働時間の 6 割程度となっている。

一方、非集中管理区域では、小栗山地域が他の地域より稼働時間が長くなっている。これは、地域による降雪量の違いが影響しているものと考えられる。

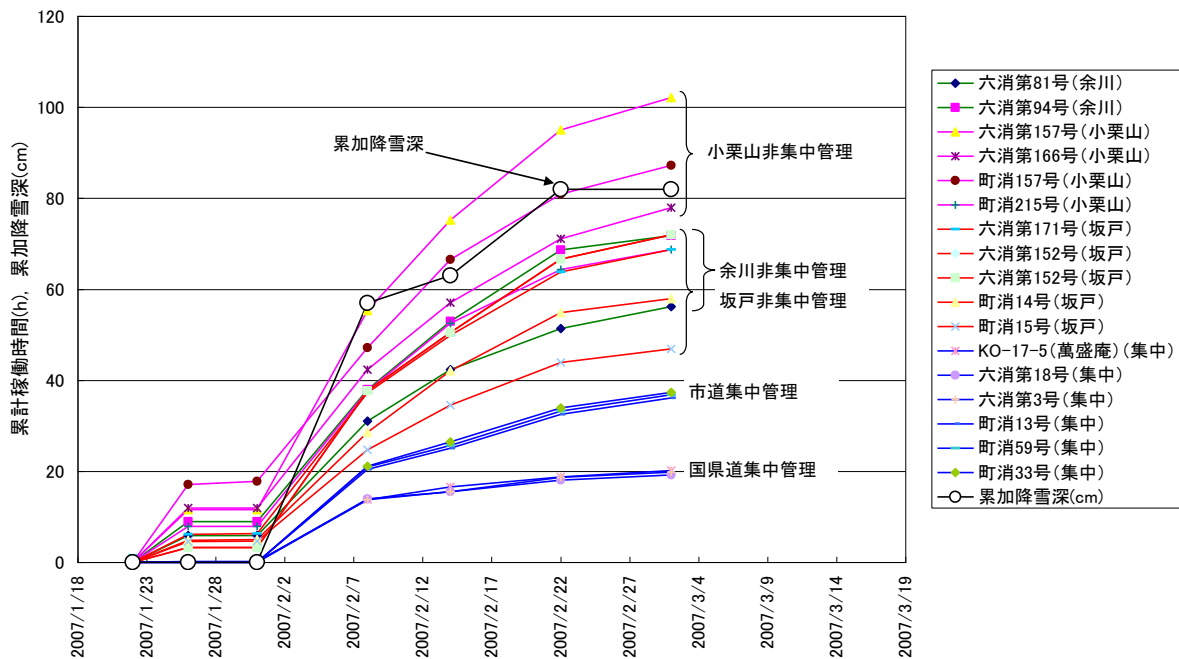


図 3-1(2) 公共消雪井戸の稼働時間の推移 (平成 18 年度)

④ポンプ出力係数

2007 年 1 月 22 日～3 月 2 日の時間消費電力とポンプ出力係数を算出した (表 3-1(2))。これによると、実際に消費される電力はポンプ出力 (定格) の約 1.3 倍と大きく、ポンプ出力係数は 1.327 となる。

表 3-1 (2) ポンプ出力係数算出結果

地域	図中記号	管理者	井戸番号	ポンプ出力 (kW)	1月22日～3 月2日累計 稼働時間 (h)	1月22日～3 月2日累計 電力量 (kWh)	時間消費電 力(kW/h)	ポンプ出力 係数
余川 【非集中管理区域】	pm81	新潟県	六消第81号	15	56.2	1092.2	19.4	1.296
	pm94	新潟県	六消第94号	15	71.8	1340.8	18.7	1.245
小栗山 【非集中管理区域】	pm157	新潟県	六消第157号	30	102.2	4139.0	40.5	1.351
	pm166	新潟県	六消第166号	18.5	77.9	1736.0	22.3	1.205
	cm157	南魚沼市	町消157号	22	87.3	4284.3	49.1	2.232
	cm215	南魚沼市	町消215号	22	68.7	1989.2	29.0	1.316
坂戸 【非集中管理区域】	pm171	新潟県	六消第171号	15	68.7	1326.5	19.3	1.287
	pm152	新潟県	六消第152号	7.5	72.0	677.2	9.4	1.254
	cm14	南魚沼市	町消14号	11	57.9	860.0	14.8	1.349
	cm15	南魚沼市	町消15号	15	46.9	900.3	19.2	1.280
市街地 【◎集中管理区域】	KO-17-5	国交省	KO-17-5(萬盛庵)	18.5	20.2	405.4	20.1	1.088
	pm18	新潟県	六消第18号	3.7	19.2	92.3	4.8	1.299
	pm3	新潟県	六消第3号	3.7	19.8	97.2	4.9	1.323
	cm13	南魚沼市	町消13号	3.7	36.1	164.8	4.6	1.234
	cm59	南魚沼市	町消59号	11	36.8	531.4	14.4	1.313
	cm33	南魚沼市	町消33号	5.5	37.4	239.4	6.4	1.165
							平均	1.327

⑤公共道路の消雪井戸稼働時間

平成 18 年度 2 月末までの消雪井戸稼働時間は、市道については使用電力量記録を基に式 3-1(3)により、国県道の消雪井戸の稼働時間については、稼働時間調査結果と、その期間中の累加降雪深、平成 18 年度 (2 月末まで) の累加降雪深から、式 3-1(5)より算出した。

$$\text{稼働時間[国県道]} (h) = \text{実測稼働時間}(h) \times \frac{\text{12月～2月の累加降雪深}}{\text{稼働時間実測期間の累加降雪深}} \quad (\text{式 3-1(5)})$$

公共道路の消雪井戸稼働時間の算出結果は表 3-1(3)のとおりであり、集中管理の井戸で 58.6～106.3 時間であるのに対し、非集中管理の井戸で 198.5～222.1 時間と長く、最大で 3.8 倍の開きがある。

これは、記録的な暖冬少雪のため、降雪強度の弱い降雪が多かったこと、降雪時の気温が高かったことにより、降雪検知器が降雪を検知しても、実際には散水が必要な路面状態になっていることが少なかったためと見られる。

表 3-1(3) 公共道路の消雪井戸稼働時間

区分	平成 18 年稼働時間 (2 月末まで)	(参考) 実測稼働時間平均 (1 月 22 日～3 月 2 日)	(参考) 平成 17 年度 推定稼働時間 (式 3-3 による)
市道集中管理	106.3 時間	36.8 時間	557.1 時間
国県道集中管理	58.6 時間	19.7 時間	638.1 時間
市道非集中管理	198.5 時間	65.2 時間	641.8 時間
国県道非集中管理	222.1 時間	74.8 時間	567.8 時間
累加降雪深	244cm	82cm	2,168cm

⑥基本散水量

消雪パイプの単位面積あたりの必要散水量（基本散水量）は次式により算出され、六日町の場合以下のようなになる。

- ・設計時間降雪深 $hs = 3.38\text{cm}$
- ・基本散水量 $q = 0.35 \text{ l/min} \cdot \text{m}^2$

$$q = \frac{hs \cdot \rho_s (J + Cs \cdot |ts| + Cw \cdot t_2)}{6 \cdot \alpha \cdot k \cdot \rho_w \cdot Cw (t_1 - t_2 - tr)} \quad (\text{式 3-1(6)})$$

- q : 単位面積あたり必要散水量 (l/min・m²)
- hs : 設計時間降雪深 (3.38cm)
 $hs = 0.425hm^{0.7}$ hm (平均日降雪深) = 19.3cm (表 3-1(4)から)
- ρ_s : 降雪密度 (0.07g/cm³)
- ρ_w : 水の密度 (1.0g/cm³)
- ts : 降雪の温度 (-1°C)
- t_1 : 散水温 (12°C)
- t_2 : 散水された水が側溝に流れ落ちる時の水温 (2°C)
- Cs : 氷の比熱 (2.1J/g・°C)
- Cw : 水の比熱 (4.2J/g・°C)
- J : 氷の融解潜熱 (344J/g)
- K : 融解係数 (0.8)
- α : 車両通行による攪拌効果係数 (1.25)
- tr : 車両通行による水温低下 (0.8)

出典：路面消・融雪施設等設計要領（路面消・融雪施設等設計要領編集委員会，監修 建設省北陸地方建設局道路部、平成 12 年 3 月）

(2) 一般家庭・事業所・公共施設の井戸

①揚水量の推定方法

一般家庭、事業所、学校等の公共施設の井戸の稼働実態を把握するために、一般家庭 10 箇所、事業所 4 箇所、学校等公共施設 6 箇所にアワーメーター（積算時間計）を設置し、12 月下旬からおおむね 1 週間毎に計 10 回の計測を行うこととした。

一般家庭においては、地下水を屋根に散水し、さらに屋根から流下してきた水を家回りの消雪に利用している例も少なくない。この屋根融雪の散水量がどの程度なのか把握するために、降雪時に屋根から流下してくる水量を実測した（写真 3-1(3)）。その結果、屋根の散水量は約 1.5～2.5L/min・m²であり、仮に屋根面積を 50m² とすると、散水量は 75～150L/min となる。これより、一般家庭の場合、小型水中ポンプの揚水能力一杯の揚水が行われていると見ることができる。

ここでは、事業所や公共施設においても水中ポンプの揚水能力が散水量であると仮定して、式 3-1(7)により揚水量を算出するものとする。

$$\text{揚水量}(l/\text{min}) = \text{揚水能力}(l/\text{min}) \times \text{稼働時間}(T) \quad (\text{式 3-1(7)})$$

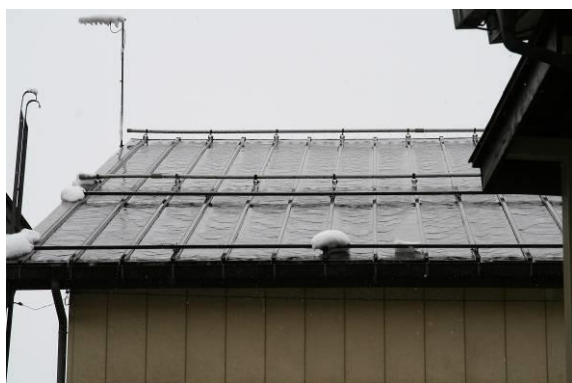


写真 3-1(3) 屋根散水の状況と散水量の簡易計測（2007 年 2 月 2 日）

②調査対象井戸

調査対象は、表 3-1(4)及び図 3-1(3)に示した 20 箇所である。これらの箇所に小型のデジタル積算時間計（松下電工 LH2H 型、写真 3-1(4)）を 2006 年 12 月 22 日、25 日に設置した。

各井戸の運転方法については、一般家庭は降雪検知器が設置されている場合であっても、ほぼ手動で運転が行われている。一方、事業所と公共施設では、ほぼ降雪検知器による自動運転となっている。

なお、六日町病院では自動運転にした場合、降雨時にも散水されることが多くなることから手動運転とすることが多い。また、事業所 C15 では、平日の降雪時には手動で運転するほか、建設車両の洗車にも利用し、休日は自動運転を行っている。

表 3-1(4) 一般家庭・事業所・公共施設 稼働時間モニタリング箇所

区分	No.	記号 施設名	住所	運転方法
一般家庭	1	H1	余川	手動
	2	H2	余川	手動
	3	H3	六日町	手動
	4	H4	六日町	手動
	5	H5	六日町	手動
	6	H6	六日町	平日自動
	7	H7	六日町	手動
	8	H8	八幡	手動
	9	H9	美佐島	手動
	10	H10	奥	手動
事業所	15	C15	六日町	平日は手動で洗車などにも利用 休日は自動
	17	C17	六日町	自動
	18	C18	六日町	自動
	20	C20	六日町	自動
公共施設	11	八海高校	余川 1276	自動
	12	北辰小学校	余川 1220-2	自動
	13	県立六日町病院	六日町 636-2	基本は自動、手動が多い
	14	保健所	六日町 620-2	自動
	16	交通センター	六日町 789-6	自動
	19	六日町小学校	六日町 1267-1	自動

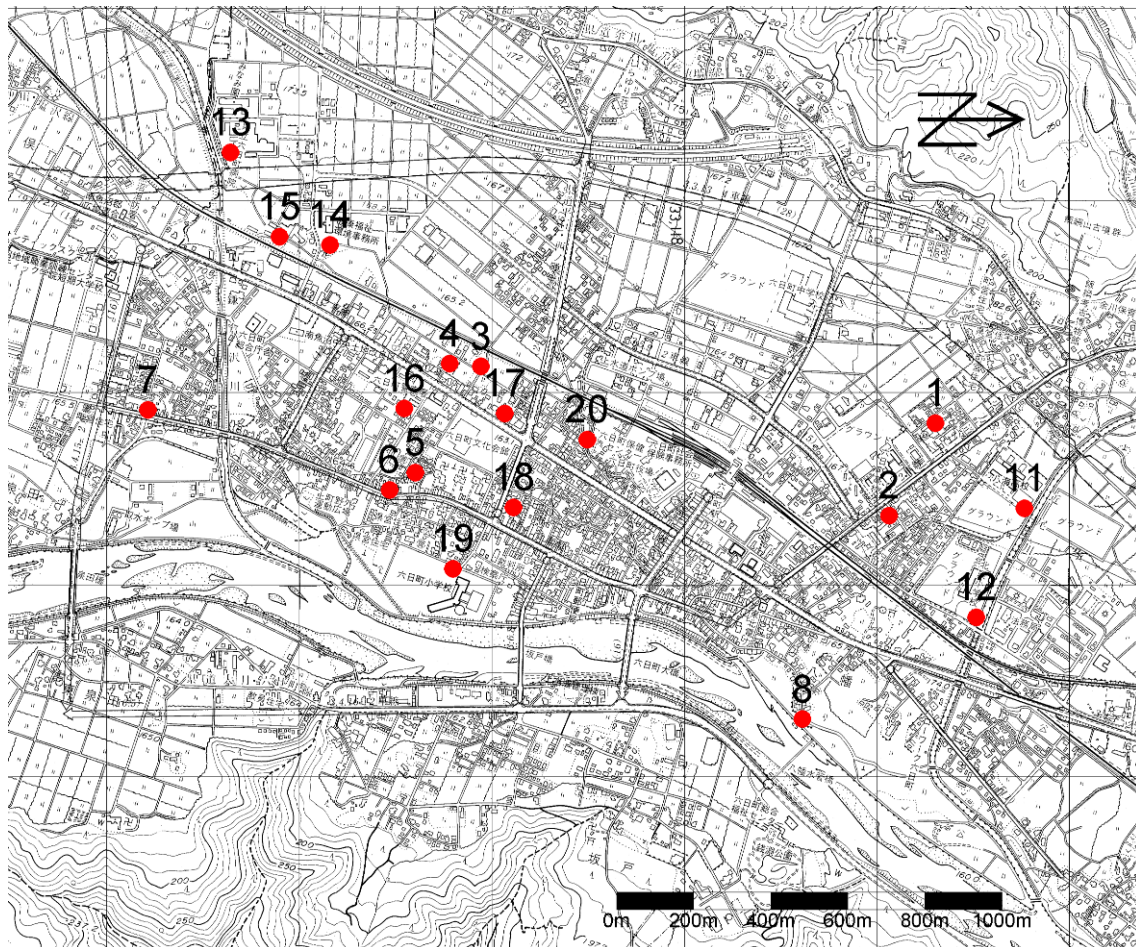


図 3-1(3) 一般家庭・事業所・公共施設 稼働時間モニタリング箇所

美佐島のNo.9、奥のNo.10 は図の範囲外



写真 3-1(4) 積算時間計

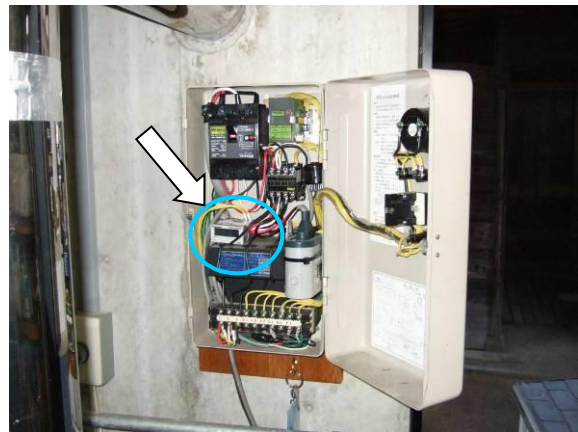


写真 3-1(6) 積算時間計設置状況

③累計稼働時間

2007年3月2日までの稼働時間調査結果を図3-1(5)及び表3-1(6)に示す。利用者別の稼働時間は、一般家庭が最も短く平均47.6時間、事業所が161.1時間、学校等の公共施設が最も長く平均214.6時間となっている。なお、一般家庭のうち自動で運転している1箇所(No.6:H6)と、事業所のうち手動で他用途にも運転している1箇所(No.15:C15)は平均計算から除外した。

一般家庭において稼働時間が短いのは、手動によるこまめな運転が行われているためであり、一方、事業所と公共施設で長いのは降雪検知器による自動運転で、路面の積雪状態に関係なく降雪時に散水が行われているためとみられる。また、自動運転を行っている事業所と公共施設で稼働時間に差が見られるのは、降雪検知器の感度の違いによるものとみられる。

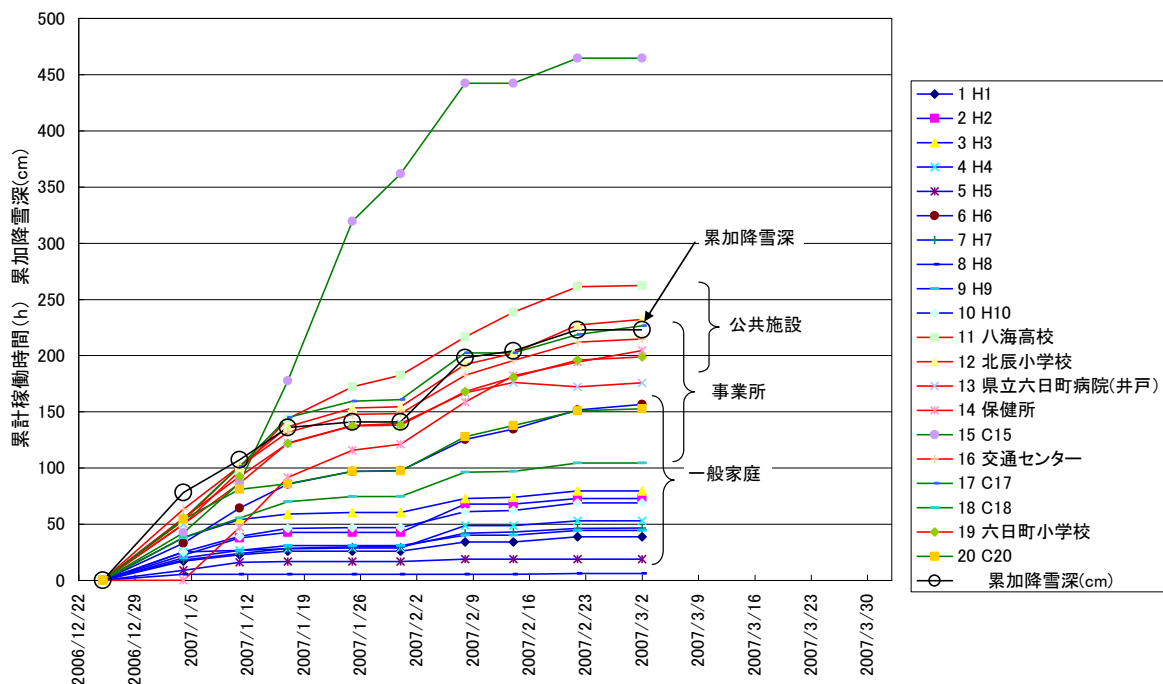


図 3-1(4) 一般家庭・事業所・公共施設の稼働時間の推移

表 3-1(5) 一般家庭・事業所・公共施設の稼働時間（実測値）

区分	No.	記号 施設名	運転方法	平成18年度稼働時間 (2006年12月22日 ～2007年3月2日)	平均値
一般家庭	1	H1	手動	38.67	47.6
	2	H2	手動	72.70	
	3	H3	手動	79.49	
	4	H4	手動	52.86	
	5	H5	手動	18.88	
	6	H6	平日自動	(156.67)	
	7	H7	手動	46.49	
	8	H8	手動	6.17	
	9	H9	手動	44.49	
	10	H10	手動	68.75	
事業所	15	C15	平日は手動で洗車などにも利用 休日は自動	464.42	161.1
	17	C17	自動	226.50	
	18	C18	自動	104.19	
	20	C20	自動	152.60	
公共施設	11	八海高校	自動	262.15	214.6
	12	北辰小学校	自動	232.22	
	13	県立六日町病院	基本は自動、手動が多い	175.80	
	14	保健所	自動	204.35	
	16	交通センター	自動	214.70	
	19	六日町小学校	自動	198.60	

No.6は一般家庭で唯一の自動運転で、稼働時間が大きくことなるため平均計算から除いた。
No.15は消雪以外の用途も含まれている平均計算から除いた。

3-2. 平成18年度稼働時間

公共道路、一般家庭、事業所、学校等の公共施設の平成18年度稼働時間を表3-2(1)及び図3-2(1)にまとめて示す。

降雪検知器による運転を行っている非集中管理区域の公共道路の消雪井戸、学校等の公共施設の消雪井戸は198.5～220.6時間と最も稼働時間が長い。手動運転の混在する事業所は161.1時間、集中管理が行われている公共道路の消雪井戸は58.2～106.3時間と、降雪検知器による運転の28～50%の運転時間となっている。また、手動運転を行っている一般家庭は47.6時間と、降雪検知器による運転の約23%の運転時間となっている。

表 3-2(1) 平成18年度 利用者別稼働時間（3月2日まで、実測値）

区分	平成18年 稼働時間 (2月末まで)	算出方法	(参考) 平成17年度 稼働時間推計値	算出方法
市道集中管理	106.3	ポンプ出力係数と使用電力量から	557.1	使用電力量
国県道集中管理	58.2	稼働時間調査結果と累加降雪深の関係から	638.1	使用電力量
市道非集中管理	198.5	ポンプ出力係数と使用電力量から	641.8	使用電力量
国県道非集中管理	220.6	稼働時間調査結果と累加降雪深の関係から	567.8	使用電力量
一般家庭	47.6	稼働時間調査結果から		
事業所	161.1	稼働時間調査結果から	724	事業所Sの記録
公共施設	214.6	稼働時間調査結果から		

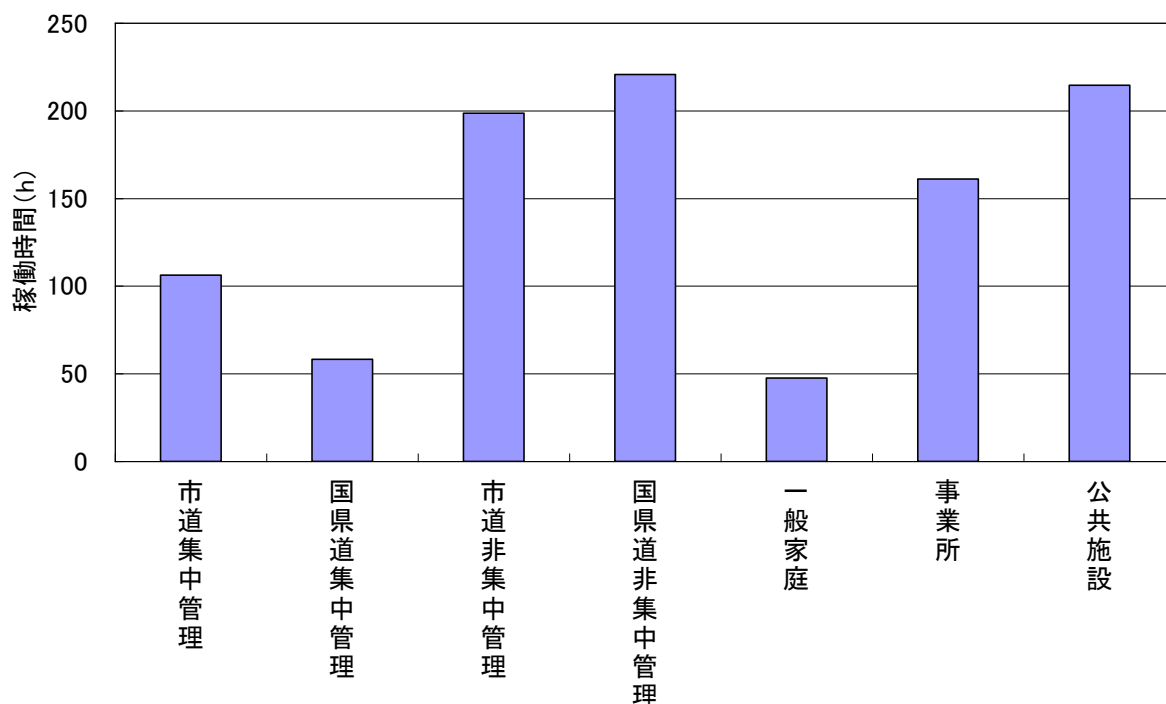


図 3-2(1) 平成 18 年度 利用者別稼働時間 (3 月 2 日まで、実測値)

3-3. 稼働時間係数

(1) 稼働時間係数とは

稼働時間係数（揚水ポンプ稼働係数）は、新潟県衛生公害研究所（現、新潟県保健環境科学研究所）による「南魚沼地域地盤沈下機構解明調査報告書（昭和 63 年 3 月）」において、揚水量を算出するために求められたものである。この係数は、道路用、事業所用及び家庭用の井戸各 20 本について、冬季間の毎日の運転時間と日降雪深の関係から以下の値が得られている。

道路用 : 0.444 h/cm

事業所用 : 0.409 h/cm

家庭用 : 0.266 h/cm

本調査においては、前述のとおり利用者別の稼働時間を既に算出しているが、以下、この稼働時間係数について検証を行う。

(2) 平成 18 年度調査による稼働時間係数

稼働時間の実態調査を実施した井戸について、期間別の稼働時間係数を算出した（表 3-3(1)、表 3-3(2)、図 3-1(1)）。

算出した稼働時間係数にはバラツキが大きく、とくに降雪検知器による自動運転が行われている公共道路、公共施設、事業所の井戸では、降雪量が少ない時に稼働時間係数が大きくなる傾向がある。これは、消雪パイプの設計降雪量より大幅に小さな降雪に対しても、降雪検知器が反応して散水が行われているためと考えられる。

逆に、手動で運転を行っている一般家庭では、降雪が少ない時に稼働時間係数が少なくなる傾向が読み取れ、降雪に見合った適切な散水が行われていることがわかる。

そこで、稼働時間係数は、まとまった降雪のあった期間の記録から稼働時間係数を求めることとし、期間降雪量 50cm 以上の降雪量と稼働時間から算出することとすると、以下のようになる（2 月末までのデータを基に算出）。

公共道路（集中管理）	: 0.31 h/cm
公共道路（非集中管理）	: 0.51 h/cm
公共施設	: 0.56 h/cm
事業所	: 0.62 h/cm
一般家庭	: 0.23 h/cm

これらの値は前掲の新潟県による調査結果と多少異なるが、新潟県の調査は比較的降雪の多かった昭和 60 年度～61 年度に行われたもので、まとまった降雪が多かった年であり、本調査の時期と降雪の状況が異なることなどがその理由として考えられる。

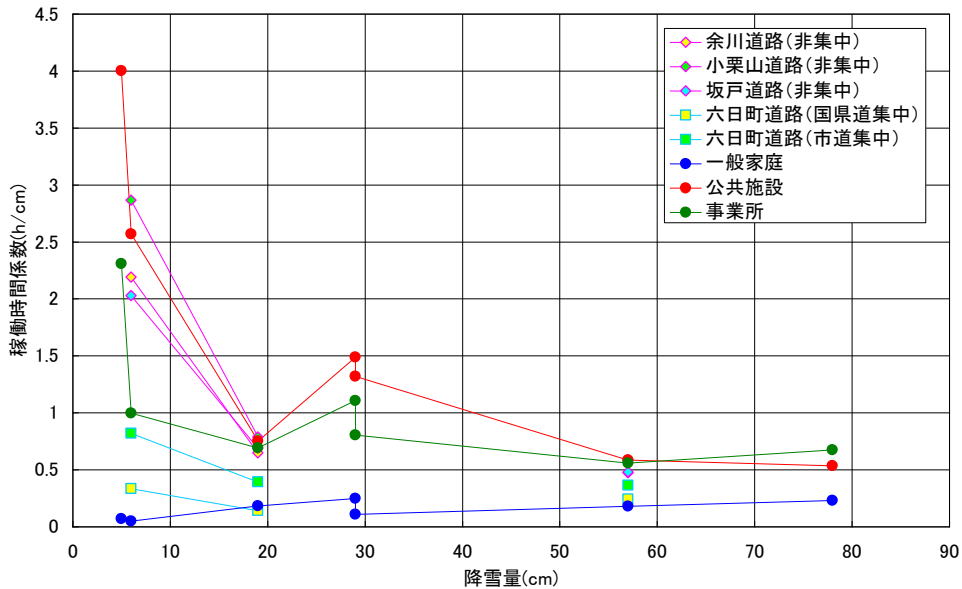


図 3-3(1) 消雪井戸の期間別稼働時間係数

表 3-3(1) 消雪井戸の期間別稼働時間係数（公共道路、実測値）

観測日	期間積雪量 (cm)	稼働時間 (h)					稼働時間係数 (h/cm)				
		非集中管理			国道道集中	市道集中	非集中管理			国道道集中	市道集中
		余川	小栗山	坂戸	六日町	六日町	余川	小栗山	坂戸	六日町	六日町
2007/1/22	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
2007/1/26	0	7.42	12.13	4.71	0.07	0.00					
2007/1/31	0	0.00	0.17	0.09	0.00	0.00					
2007/2/8	57	27.08	33.34	27.26	13.78	20.82	0.48	0.58	0.48	0.24	0.37
2007/2/14	6	13.15	17.19	12.17	2.00	4.92	2.19	2.87	2.03	0.33	0.82
2007/2/22	19	12.33	14.99	13.09	2.67	7.48	0.65	0.79	0.69	0.14	0.39
2007/3/2	0	4.03	6.18	4.08	1.22	3.53					
2007/3/16	140	48.20	56.95	46.79	30.88	36.08	0.34	0.41	0.33	0.22	0.26
平均							0.91	1.16	0.88	0.23	0.46

期間積雪量：本庁舎で1日3回（9時、12時、16時）観測している降雪量の合計

表 3-3(2) 消雪井戸の期間別稼働時間係数（一般家庭、公共施設、事業所：実測値）

観測日	期間積雪量 (cm)	平均稼働時間(h)			平均稼働時間係数(h/cm)		
		一般家庭	公共施設	事業所	一般家庭	公共施設	事業所
2006/12/25							
2007/1/4	78	19.98	41.72	52.55	0.26	0.53	0.67
2007/1/11	29	8.02	43.16	32.11	0.28	1.49	1.11
2007/1/17	29	3.54	38.25	23.38	0.12	1.32	0.81
2007/1/25	5	0.39	20.01	11.55	0.08	4.00	2.31
2007/1/31	0	0.00	3.88	0.67			
2007/2/8	57	11.44	33.37	31.92	0.20	0.59	0.56
2007/2/14	6	0.33	15.41	5.98	0.05	2.57	1.00
2007/2/22	19	3.88	14.31	13.18	0.20	0.75	0.69
2007/3/2	0	0.03	4.52	3.17			
2007/3/16	140	25.55	63.51	45.57	0.18	0.45	0.33
平均					0.17	1.61	1.02

期間積雪量：本庁舎で1日3回(9時、12時、16時)観測している降雪量の合計

3-4. 平成17年度以前の稼働時間

(1) 利用者別稼働時間の推計方法

毎年の地盤沈下の進行は、地下水の揚水量と密接に関係していることから、各年の消雪井戸の稼働時間を把握しておくことは地盤沈下対策のうえで重要である。

ここでは、これまでの解析結果をもとに、平成17年度以前の利用者別稼働時間の推計方法を検討する。

① 公共道路の井戸

公共道路の井戸の稼働時間を算出するうえで必要な電力使用量明細書は、市役所では平成16年度まで保管されていた。そこで、平成17年度～18年度の稼働時間に加えて、平成16年度における稼働時間調査対象井戸についての稼働時間を算出した(表3-4(1))。また、過去の稼働時間調査結果を整理し可能な限りデータの補完を行った(表3-4(2))。

そして、この値から累加降雪深と稼働時間の関係を求め(図3-4(1))、それを基に各年度の集中管理井戸及び非集中管理井戸の稼働時間をそれぞれ算出する(式3-4(1)、式3-4(2))。

集中管理の井戸の稼働時間(h)

$$=-0.00003 \times (\text{累加降雪深})^2 + 0.3403 \times (\text{累加降雪深}) + 12.846 \quad (\text{式 3-4(1)})$$

非集中管理の井戸の稼働時間(h)

$$=-0.00007 \times (\text{累加降雪深})^2 + 0.3821 \times (\text{累加降雪深}) + 121.59 \quad (\text{式 3-4(2)})$$

なお、累加降雪深と稼働時間の関係についてみると、累加降雪深が少ない時には集中管理の井戸の稼働時間が、非集中管理の井戸に比べて約50%に留まっているが、累加降雪深が多くなるほどその差は小さくなる傾向が見られる。これは、降雪が少ない年は雪の降り方も弱いため、散水が必要となる路面状態になる頻度が少ないためであり、降雪量が多い年は雪の降り方も強く、路面への散水が必要となる時間が多くなるためと考えられる。

表 3-4(1) 公共道路の消雪井戸稼働時間 (1)

区 分	平成16年度	平成17年度	平成18年度
市道集中管理	437.0	557.1	106.3
国県道集中管理		638.1	58.2
市道非集中管理	536.3	641.8	198.5
国県道非集中管理		567.8	220.6
累加降雪深(cm/年)	1,448	2,168	244

表 3-4(2) 公共道路の消雪井戸稼働時間 (2)

	平成7年度	平成8年度	平成9年度	平成12年度	平成13年度
集中管理	317.03	311.62	199.97	370.26	384.00
非集中管理	445.25	459.38	312.52		
累加降雪深(cm/年)	1,278	841	700	1,288	868

平成7年度～平成9年度の稼働時間は、「地下水技術」(第40巻、1998年)による。
 平成7年度の稼働時間は1月から3月の値で、降雪深も同様
 平成12年度～13年度の稼働時間は、集中管理運転データからの集計値

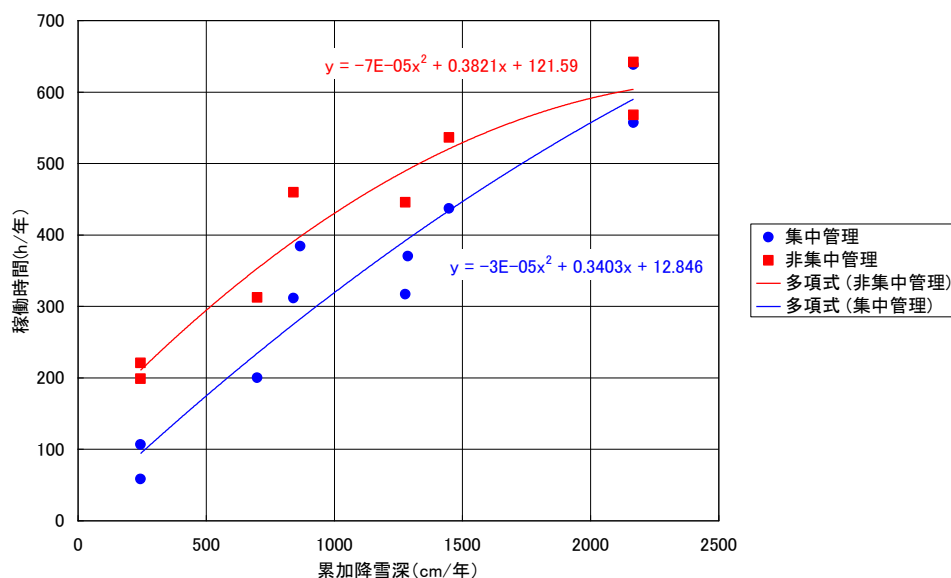


図 3-4(1) 公共道路の井戸における累加降雪深と稼働時間の関係

②公共施設

公共施設の消雪井戸の稼働時間に関するデータは、本調査による稼働時間調査結果のほかにはないが、これらの井戸は降雪検知器による自動運転で作動しており、平成18年度の稼働時間は、公共道路の非集中管理の井戸とほぼ同じとなっている(表3-3(2))。

そこで、平成17年度以前の稼働時間については、前述の公共道路の非集中管理の井戸の稼働時間と同じ値とする。

$$\text{公共施設の井戸の稼働時間(h)} = \text{公共道路の非集中管理の井戸の稼働時間} \quad (\text{式 3-4(3)})$$

③事業所

稼働時間調査を実施した事業所 C20 では、昭和 55 年度から毎年の降雪検知器の稼働時間を記録している。この記録の中で特によい相関の得られる平成 3 年度～平成 17 年度の 15 年間と、平成 18 年調査結果を合わせ図 3-9 に示した。

この事業所 C20 の平成 18 年度の稼働時間は 152.6 時間であり、事業所平均の 161.1 時間との差は 5%と小さい。そこで、この事業所 C20 の井戸の過去の稼働時間をそのまま事業所全体の稼働時間として扱うこととする。

なお、平成 2 年度以前については、稼働時間と降雪深の相関が悪いため、平成 3 年度以降の近似式により稼働時間を算出する。

- ・平成 3 年度以降

$$\text{事業所の稼働時間 (h)} = \text{事業所 C20 の過去の稼働時間} \quad (\text{式 3-4(4)})$$

- ・平成 2 年度以前

$$\text{事業所の稼働時間 (h)} = -0.00009 \times (\text{累加降雪深})^2 + 0.5294 \times (\text{累加降雪深}) \quad (\text{式 3-4(5)})$$

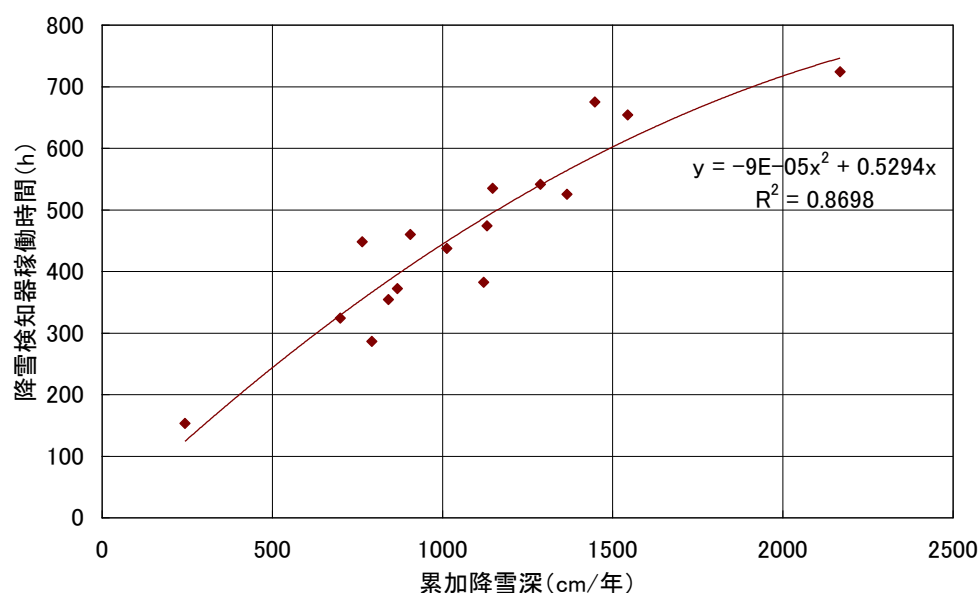


図 3-4(2) 事業所 C20 における累加降雪深と稼働時間の関係 (平成 3～18 年度、実測値)

④一般家庭

一般家庭の消雪井戸は、降雪に応じ手動で運転が行われるため、降雪量の多少の影響をあまり受けていない。そのため、稼働時間係数は、降雪量の少ない本調査で 0.23h/cm、比較的降雪量の多かった時期の調査で 0.266h/cm とほぼ同じような値が得られている。

そこで、過去の稼働時間は本調査による稼働時間係数を用い、以下の式により算出する。

$$\text{一般家庭の消雪井戸の稼働時間 (h)} = 0.23 \times \text{累加降雪深 (cm/y)} \quad (\text{式 3-4(6)})$$

(2) 平成17年度以前の利用者別稼働時間

平成17年度以前の利用者別の消雪井戸稼働時間を上記方法により算出し、表3-4(3)に示す。また、集中管理が本格稼働した平成7年度以降について、利用者別の稼働時間の平均を算出し図3-4(3)に示した。

ここで、利用者別の稼働時間を比較すると、降雪検知器による自動運転が行われている非集中管理の公共道路（公共施設も同じ）は458時間、事業所の稼働時間は476時間とほぼ同じであり、集中管理の公共道路は350時間（非集中管理の77%）、一般家庭は242時間（非集中管理の53%）となっている。

表3-4(3) 平成17年度以前の利用者別消雪井戸稼働時間

年度	累加降雪深 (cm)	公共道路 集中管理 (国県市道)	公共道路 非集中管理 (国県市道)	公共施設	事業所	一般家庭
昭和52年度	1,359		512	512	553	313
昭和53年度	572		317	317	273	132
昭和54年度	1,274		495	495	528	293
昭和55年度	2,020		608	608	702	465
昭和56年度	1,117		461	461	479	257
昭和57年度	1,207		481	481	508	278
昭和58年度	2,232		626	626	733	513
昭和59年度	1,604		554	554	618	369
昭和60年度	1,790		581	581	659	412
昭和61年度	1,216		483	483	511	280
昭和62年度	1,184		476	476	501	272
昭和63年度	465		284	284	227	107
平成1年度	780		377	377	358	179
平成2年度	1,072		451	451	464	247
平成3年度	906		410	410	460	208
平成4年度	1,013		437	437	437	233
平成5年度	1,148		468	468	535	264
平成6年度	1,366		513	513	525	314
平成7年度	1,544	317	545	545	654	355
平成8年度	841	312	459	459	354	193
平成9年度	700	200	313	313	324	161
平成10年度	1,121	357	462	462	382	258
平成11年度	1,131	359	464	464	474	260
平成12年度	1,288	370	498	498	541	296
平成13年度	868	384	401	401	372	200
平成14年度	764	255	373	373	448	176
平成15年度	793	264	381	381	286	182
平成16年度	1,448	437	536	536	675	333
平成17年度	2,168	598	605	605	724	499
平均(平成7年度以降)	1,151	350	458	458	476	265
比率		0.77	1.00	1.00	1.04	0.58
平均稼働時間係数(h/cm) (平成7年度以降)		0.304	0.398	0.398	0.413	0.230

集中管理は平成7年12月に本格稼働している。
 は、過去の調査結果による値。
 は、本調査による値。

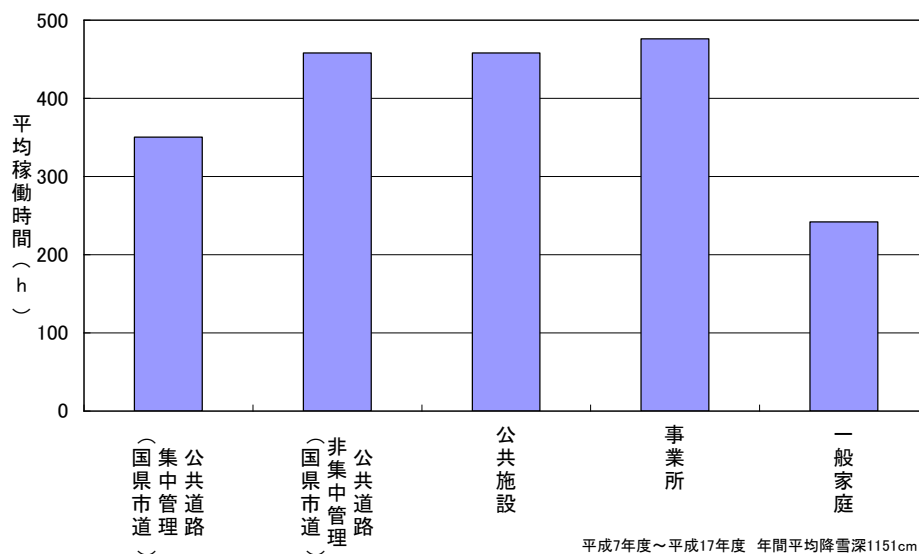


図 3-4(3) 平均利用者別消雪井戸稼働時間 (平成7年度～平成17年度の平均)

3-5. 平成18年度消雪用地下水揚水量

(1) 井戸の設置状況

①井戸本数

調査範囲内に設けられた井戸について、道路消雪用井戸は既往の消雪施設台帳に基づいて整理し、それ以外の井戸は市の井戸台帳を用いて把握した。

整理結果の総括を表3-5(1)および図3-5(1)に示す。これによると、調査範囲内に存在する井戸本数は合計1,239本に上り、その74%は一般家庭の井戸で占められ、次いで事業所が16%と続き、この2つの区分で全井戸本数の90%を占める。また、調査地域内に設けられた道路消雪用井戸本数は合計92本に上るが、全体の井戸本数に占める割合は約7%程度に留まる。

なお、井戸台帳に記載された用途は全て消雪用とされることから、今回集計した井戸本数は、一般的な用途区分に従えば全て”消雪用井戸”に該当する。

表 3-5(1) 利用者別井戸本数総括表

区 分	井戸本数	小 計	合 計	
道路消雪井戸	集中管理	79	92	1,239
	非集中管理	13		
建築物井戸	公共施設	29	1,147	
	事業所	198		
	一般家庭	920		

(単位；本)

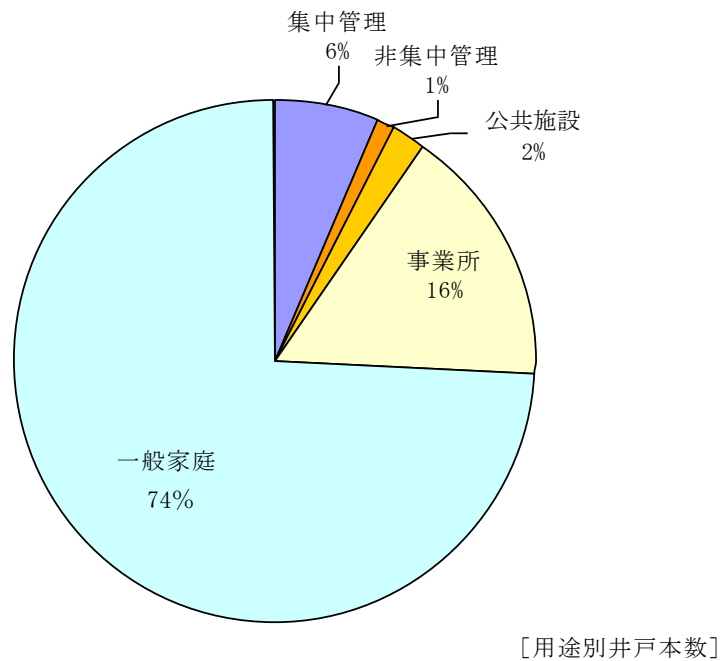


図 3-5(1) 利用者別井戸本数の比率

②メッシュ別井戸本数

前述した井戸本数の平面的な設置状況を捉えるため、図 3-5(2) にメッシュ別井戸本数を取りまとめた。

メッシュ別井戸本数の分布状況を見ると、国道 291 号に沿う市街地において、1 メッシュ (100 m×100m) 10 本以上の井戸が設置された地域が多数出現する。また、大和町 1 丁目や上町近傍では 1 メッシュ当たり 20 本を越える地域も認められる。さらに、一般家庭や事業所の占める井戸本数の割合が高いため、家屋等の建築物が密集した地域の井戸本数が多くなる分布特性を示している。

なお、メッシュ別に分配した井戸位置のうち、建築物 (公共施設、事業所、一般家庭) の井戸は、井戸台帳に記載された住所に対して分配しており、実際の井戸位置を反映したものではない。

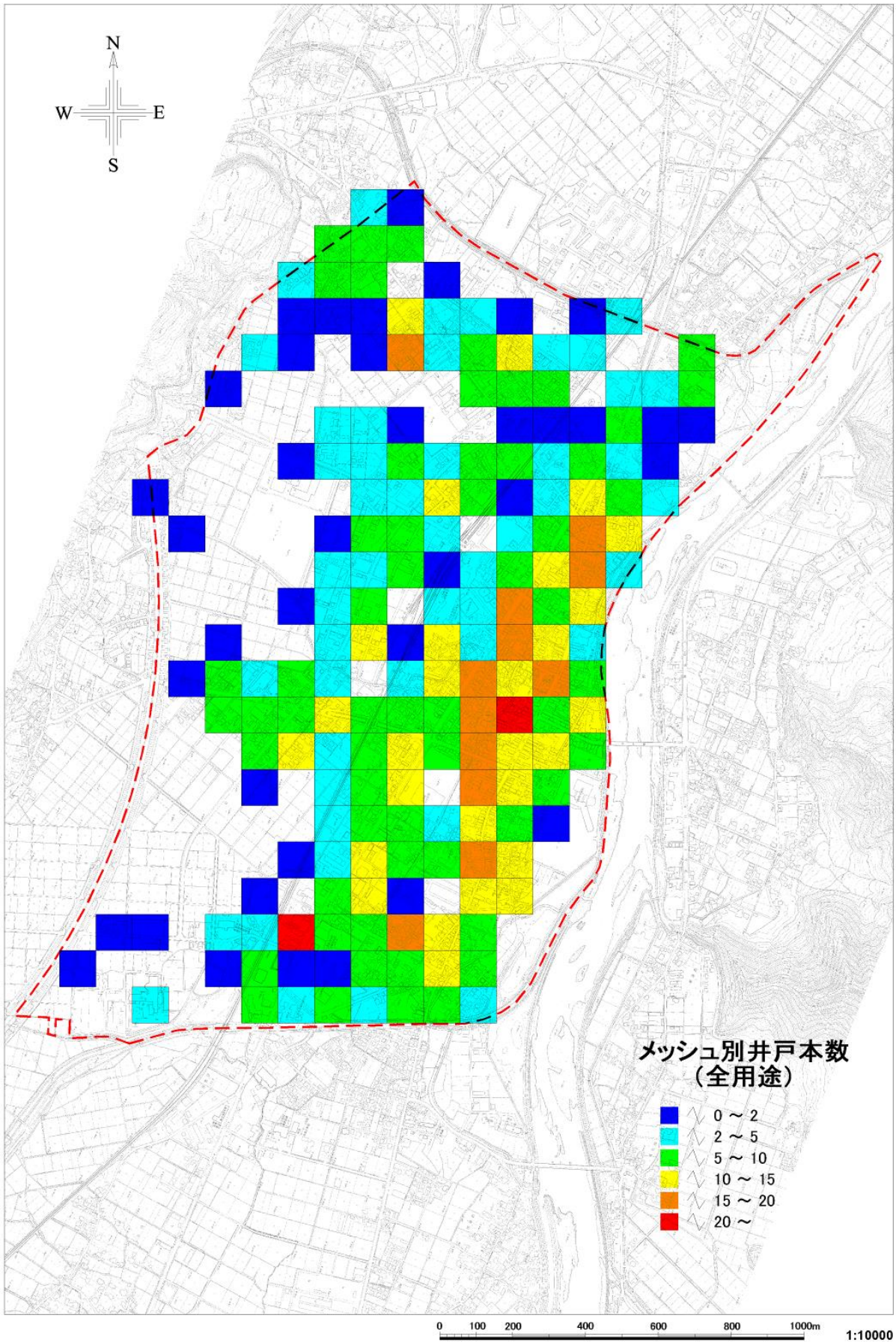


図 3-5(2) メッシュ別井戸本数 (全用途)

(2) 揚水量の算出方法

調査地域内の揚水量の集計に当たっては、前章までに整理した結果を用いて井戸毎の揚水量を次のように算出した。

①道路消雪揚水量の算出

$$\text{井戸別揚水量}(Q) = \text{消雪パイプ延長}(L) \times \text{道路幅員}(W) \times \text{単位揚水量}(q) \times \text{稼働時間}(T) \quad (\text{式 3-5(1)})$$

表 3-5(2) 道路消雪井戸の単位揚水量および年別稼働時間

区 分	単位揚水量 (q)	年度別稼働時間 (時間)	
		平成 18 年度	平成 17 年度
1 市道集中管理	0.00035 m ³ /min・m ² =0.021 m ³ /h・m ²	106.3 h	557.1 h
2 国県道集中管理		58.2 h	638.1 h
3 市道非集中管理		198.5 h	641.8 h
4 国県道非集中管理		220.6 h	567.8 h

②建築物揚水量の算出

$$\text{井戸別揚水量}(Q) = \text{単位揚水量}(q) \times \text{稼働時間}(T) \quad (\text{式 3-5(2)})$$

表 3-5(3) 建築物井戸の単位揚水量および年別稼働時間

区 分	単位揚水量 (q)	年度別稼働時間 (時間)	
		平成 18 年度	平成 17 年度
1 公共施設	0.750 m ³ /min	214.6 h	605.0 h
2 事業所	0.200 m ³ /min	161.1 h	724.0 h
3 一般家庭	0.078 m ³ /min	47.6 h	499.0 h

単位揚水量の設定にあたっては、区分別のポンプの仕様を次表のように仮定し、一般的なポンプの公称能力を与えた。

表 3-5(4) 利用者別の単位揚水量の設定条件

区 分	井戸径 (mm)	吐出口径 (mm)	出力 (kw)	全揚程 (m)	公称能力 (m ³ /min)
1 公共施設	150	65	7.5	32.0	0.750
2 事業所	100	50	2.2	31.5	0.200
3 一般家庭	100	32	1.1	34.0	0.078

(3) 揚水量の集計結果

①利用者別揚水量の状況

調査地域における揚水量の集計結果のうち、ここでは利用者別・年度別揚水量の状況についてとりまとめる。

利用者別にみた揚水量割合を平成 17・18 年度の 2 ヶ年について概観すると、道路消雪が全体揚水量の 4 分の 1 程度を、残りが建築物揚水量で占められるようである。ただし、利用者別の揚水量比率は、一般家庭と公共建物で大きな変化が認められる。平成 17 年度の揚水量はいわゆる”平成 18 年豪雪”に、平成 18 年度は記録的な暖冬少雪にそれぞれ該当することから、一般家庭では降雪強度が強い場合に利用量が増え、弱い場合は利用を控えるためと想定される。逆に、公共施設では降雪強度に関係なく利用していることから、豪雪時と少雪時の比率が変化した原因と考えられる。このことは、道路消雪の集中管理井戸と非集中管理井戸の揚水量比率にも現れており、降雪強度の強かった平成 17 年度は集中管理井戸の比率が高く、暖冬少雪であった平成 18 年度は非集中管理井戸の揚水量比率が増加している。

次に、メッシュ別・利用者別揚水量の状況をみると、道路消雪揚水量は当然のことながら国道 17 号や 291 号等の幹線道路に沿う地域で多く、年度別の分布形態に違いはない。年別には、平成 18 年豪雪に見舞われた時は、大和町、栄町、八幡などの地域でメッシュ別揚水量が 5 万 m³を越える地域が出現しているが、大和町付近は降雪量が極端に少なかった平成 18 年度においても相対的に揚水量の多いメッシュが出現している。

一方、建築物の消雪揚水量は建物の分布密度に規制される分布形態を示しており、何れの年度においても国道 17 号、291 号及び主要地方道十日町・六日町線に沿う地域でメッシュ別揚水量が多くなる形態を示している。また、平成 17 年のメッシュ別揚水量は、国道 17 号、291 号に沿う地域で 5 万 m³を越えるメッシュが続出しており、道路集雪と合わせると、これらの地域が揚水量の集中する地域であることが伺える。

表 3-5(5) 平成 17 年度の利用者別揚水量

区 分		揚水量	小 計	合 計
道路消雪井戸	集中管理	1,404,568	1,519,726	6,177,969
	非集中管理	115,158		
建築物井戸	公共施設	789,525	4,658,243	
	事業所	1,720,224		
	一般家庭	2,148,494		

表 3-5(6) 平成 18 年度の利用者別揚水量

区 分		揚水量	小 計	合 計
道路消雪井戸	集中管理	202,710	239,975	1,107,749
	非集中管理	37,265		
建築物井戸	公共施設	280,053	867,774	
	事業所	382,774		
	一般家庭	204,947		

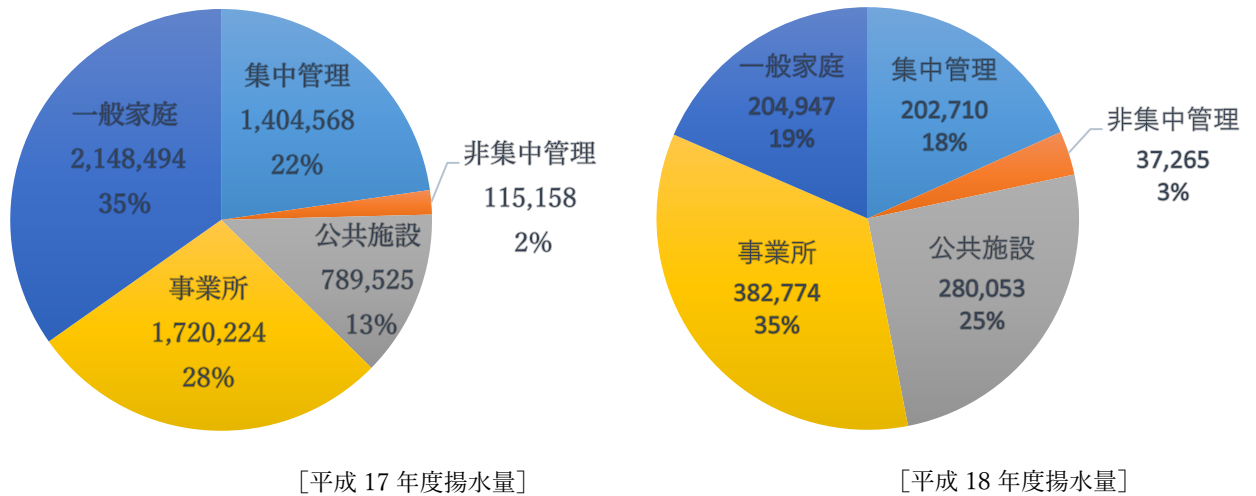


図 3-5(3) 年度別・利用者別揚水比率

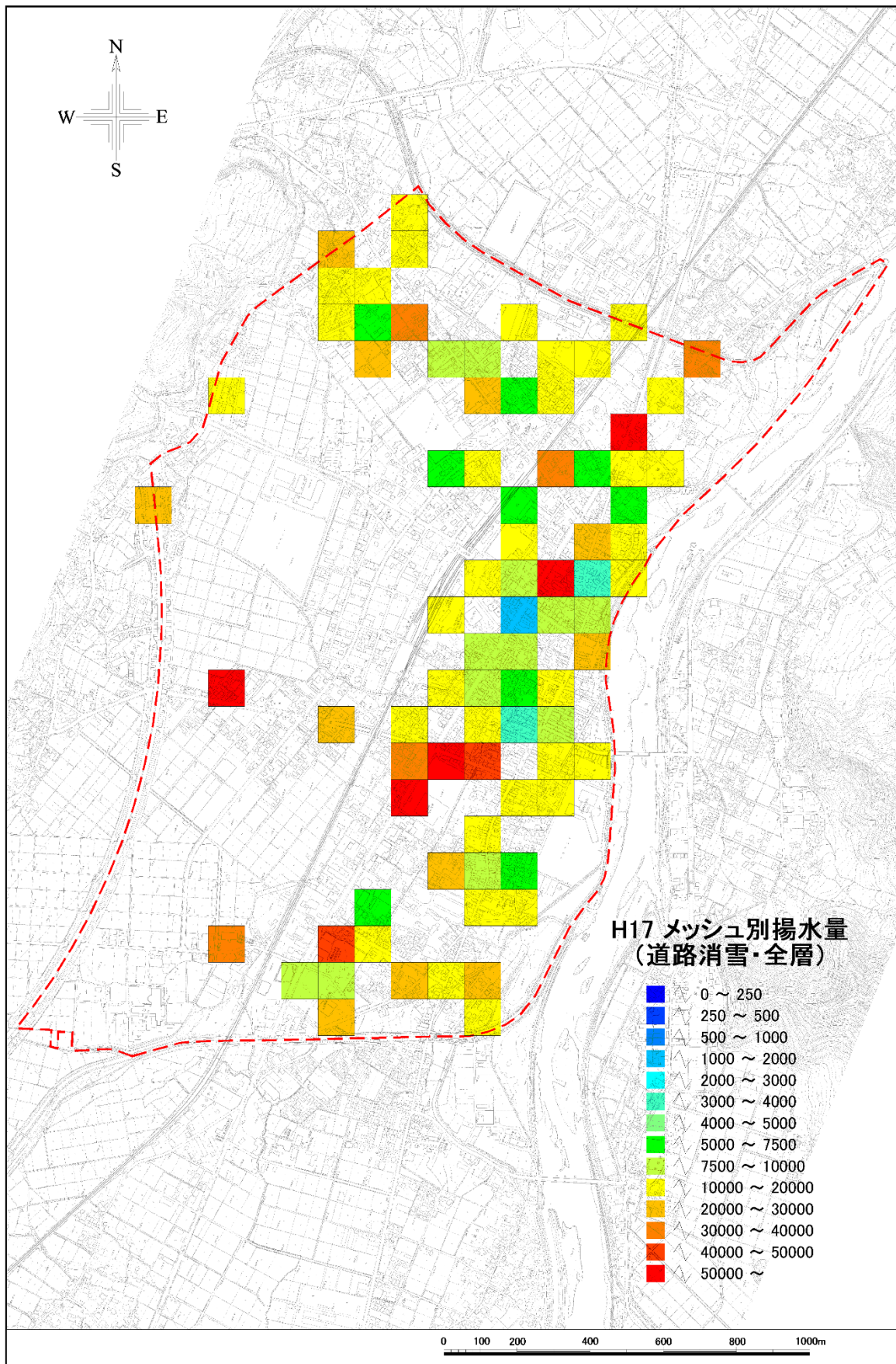


図 3-5(4) メッシュ別・利用者別揚水量 (平成 17 年度 : 道路消雪)

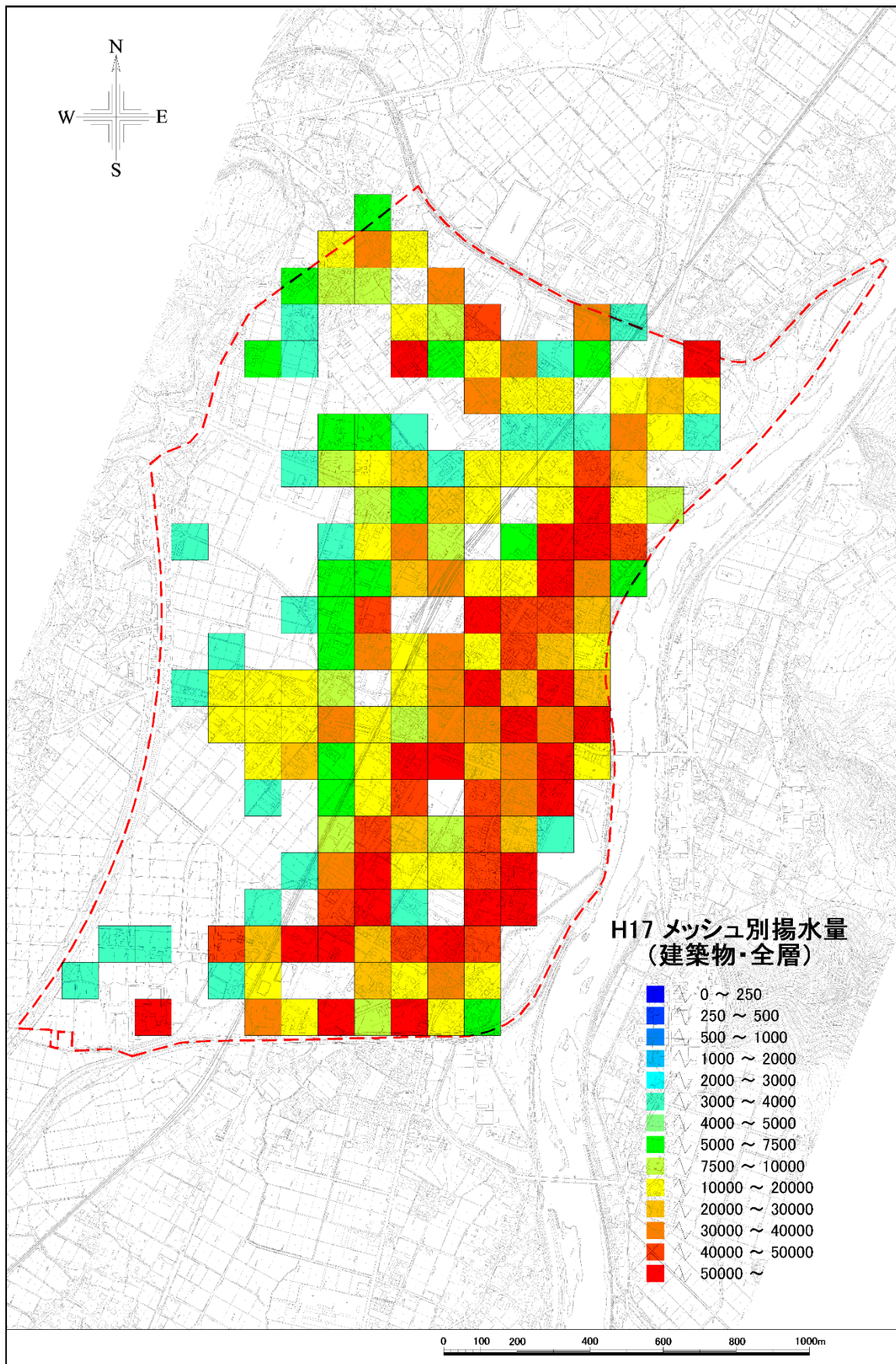


図 3-5(5) メッシュ別・利用者別揚水量 (平成 17 年度：事業所・公共施設・一般家庭)

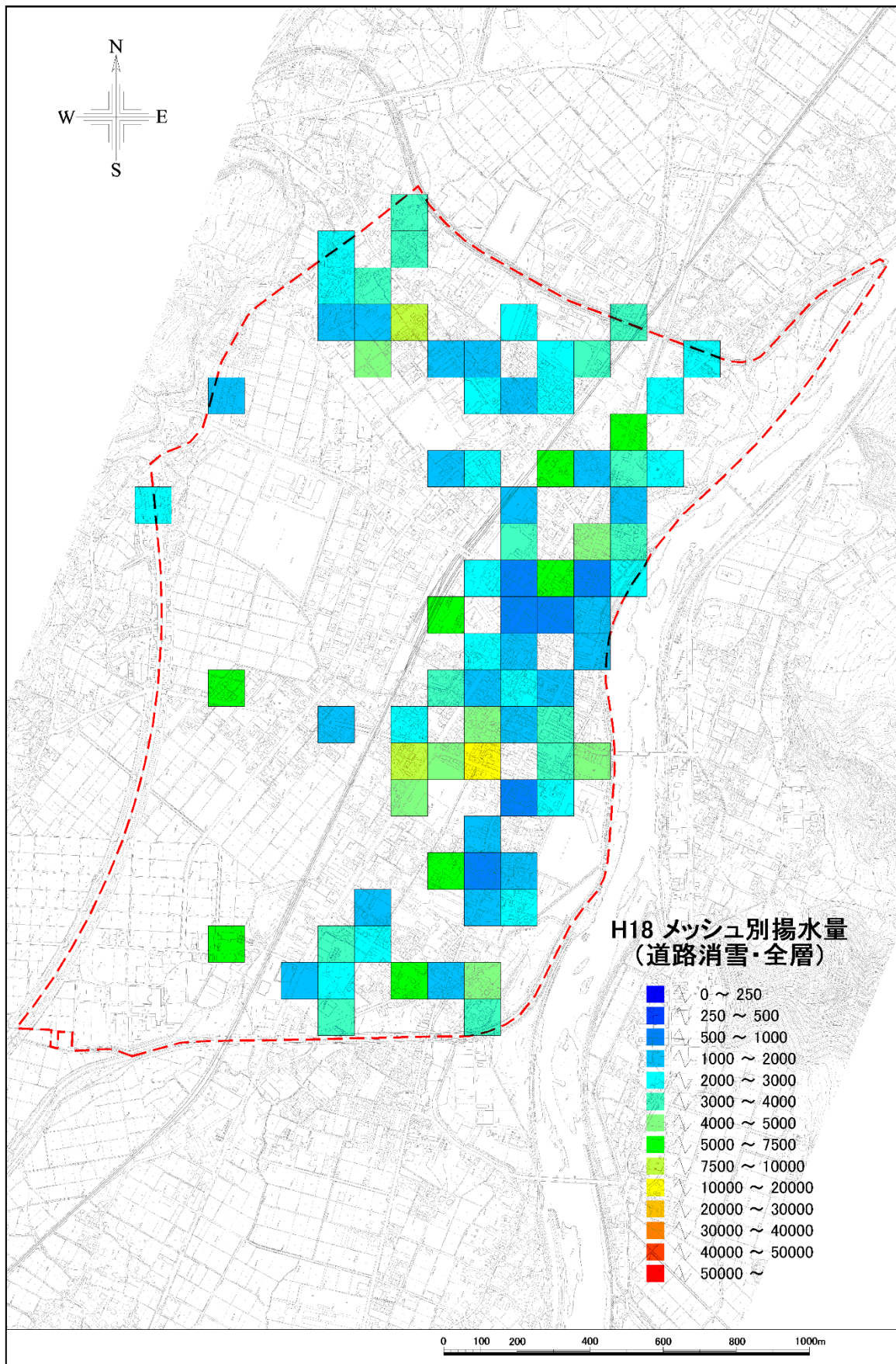


図 3-5(6) メッシュ別・利用者別揚水量 (平成 18 年度 : 道路消雪)

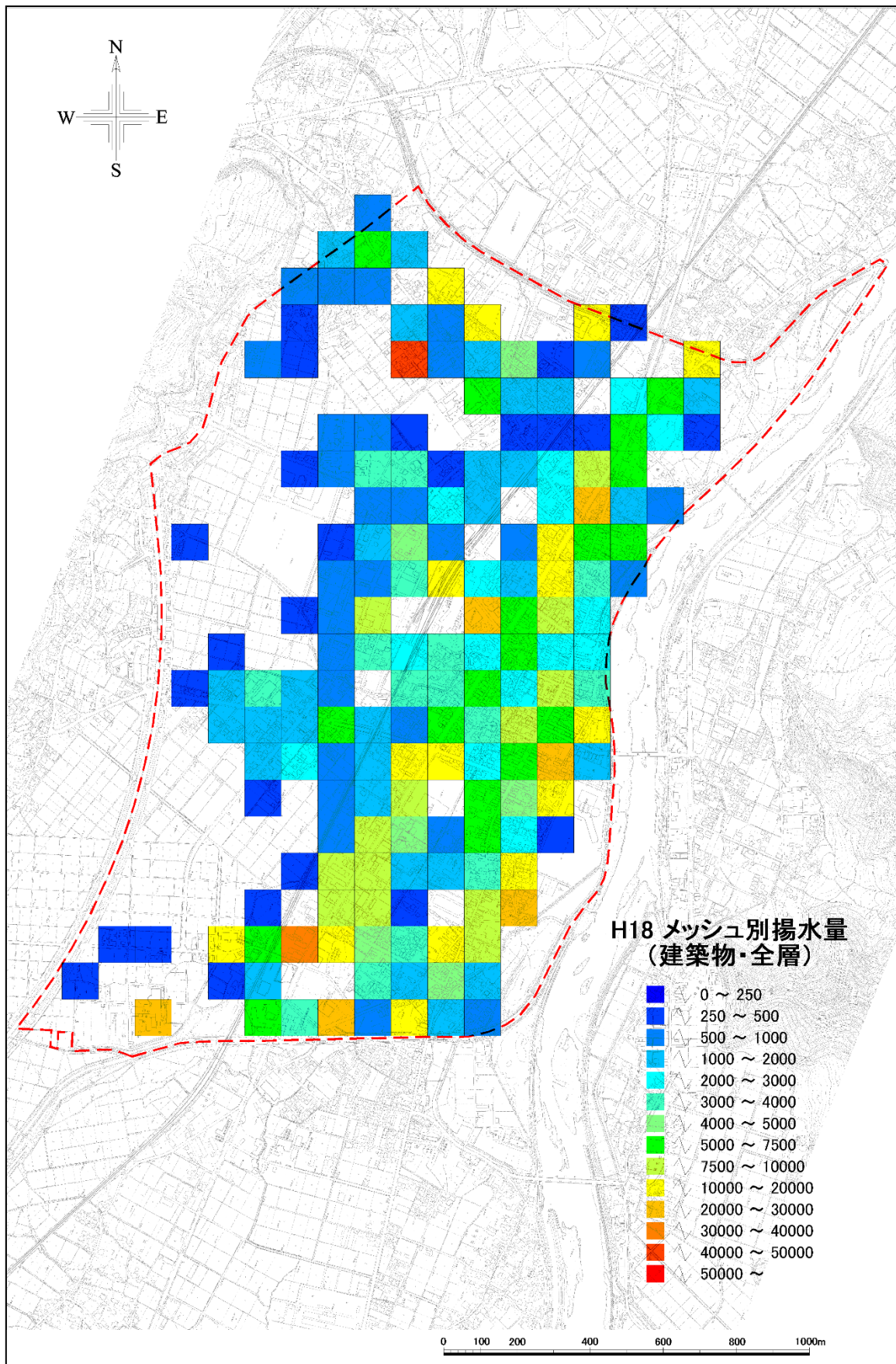


図 3-5(7) メッシュ別・利用者別揚水量 (平成 18 年度：事業所・公共施設・一般家庭)

②帯水層別揚水量の状況

調査地域における平成 17 年度と 18 年度の帯水層別の揚水状況を表 3-5(7), (8)に、帯水層別の揚水比率を図 3-5(8)に示す。

揚水量の帯水層別割合は、第 2 帯水層からの揚水が圧倒的に多く、その比率は何れの年度においても約 80%に達する。また、第 1 帯水層からの揚水割合は 20%程度であり、第 3 帯水層に至っては 1%以内の極めて小さな揚水量となっている。

次に、利用者別・帯水層別揚水量についてみると、第 3 帯水層からの揚水は道路消雪（集中管理）のみであり、その他区分の揚水は全て第 1 帯水層ないし第 2 帯水層からの揚水で、何れの利用者区分も第 2 帯水層からの揚水割合が多い結果となった。

一方、メッシュ別・帯水層別揚水量の状況をみると、第 1 帯水層からの揚水は調査地の中央部から北の地域で多く、相対的には北西部での揚水が多い傾向を示している。第 2 帯水層からの揚水は、上越線と魚野川に挟まれた地域と、県道（主要地方道十日町・六日町線および県道平岩・西ノ裏線）に沿う地域で認められ、何れの年度も国道 17 号と 291 号に沿う地域のメッシュ別揚水量が多い分布形態を示す。

なお、第 3 帯水層からの揚水メッシュは、調査地域の西縁に点在する程度であり、第 1・第 2 帯水層のメッシュ別揚水量の分布形態と全く異なっている。

表 3-5(7) 平成 17 年度の帯水層別揚水量

	第 1 帯水層	第 2 帯水層	第 3 帯水層	全 層
集 中 管 理	59,450	1,315,954	29,164	1,404,568
非集中管理	34,688	80,470	0	115,158
事 業 所	187,982	601,543	0	789,525
公 共 施 設	226,974	1,493,250	0	1,720,224
一 般 家 庭	715,096	1,433,398	0	2,148,494
合 計	1,224,190	4,924,615	29,164	6,177,969

表 3-5(8) 平成 18 年度の帯水層別揚水量

	第 1 帯水層	第 2 帯水層	第 3 帯水層	全 層
集 中 管 理	10,752	189,298	2,660	202,710
非集中管理	10,943	26,322	0	37,265
事 業 所	66,679	213,374	0	280,053
公 共 施 設	50,505	332,269	0	382,774
一 般 家 庭	68,214	136,733	0	204,947
合 計	207,093	897,996	2,660	1,107,749

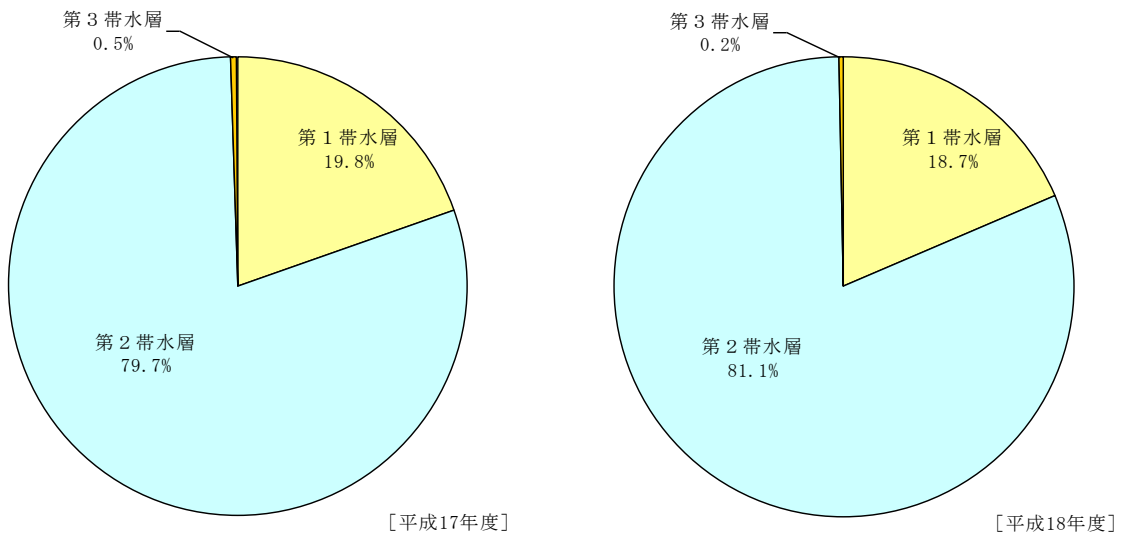


図 3-5 (8) 年度別・帯水層別揚水比率

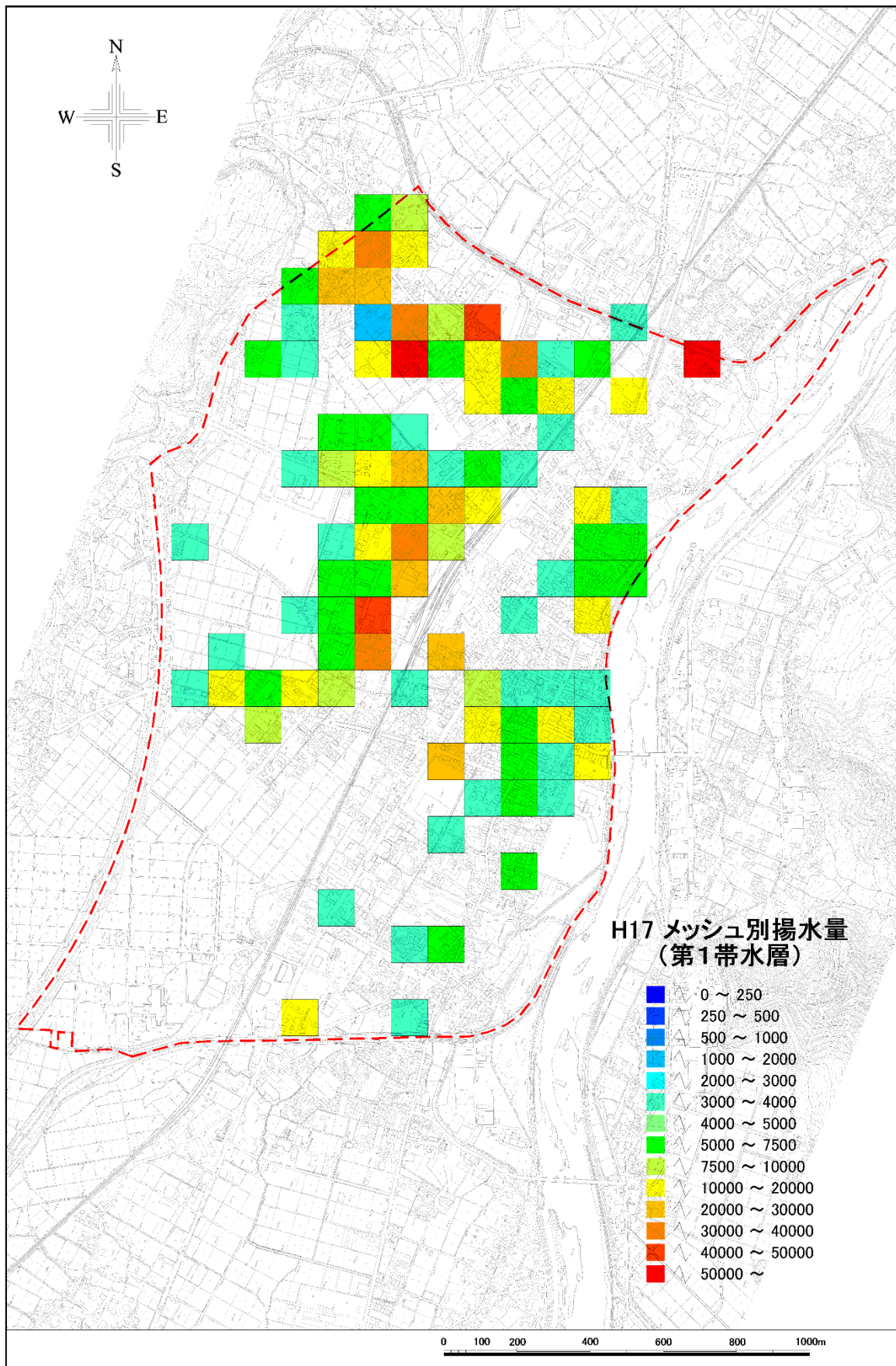


図 3-5(9) メッシュ別・帯水層別揚水量 (第1帯水層：平成17年)

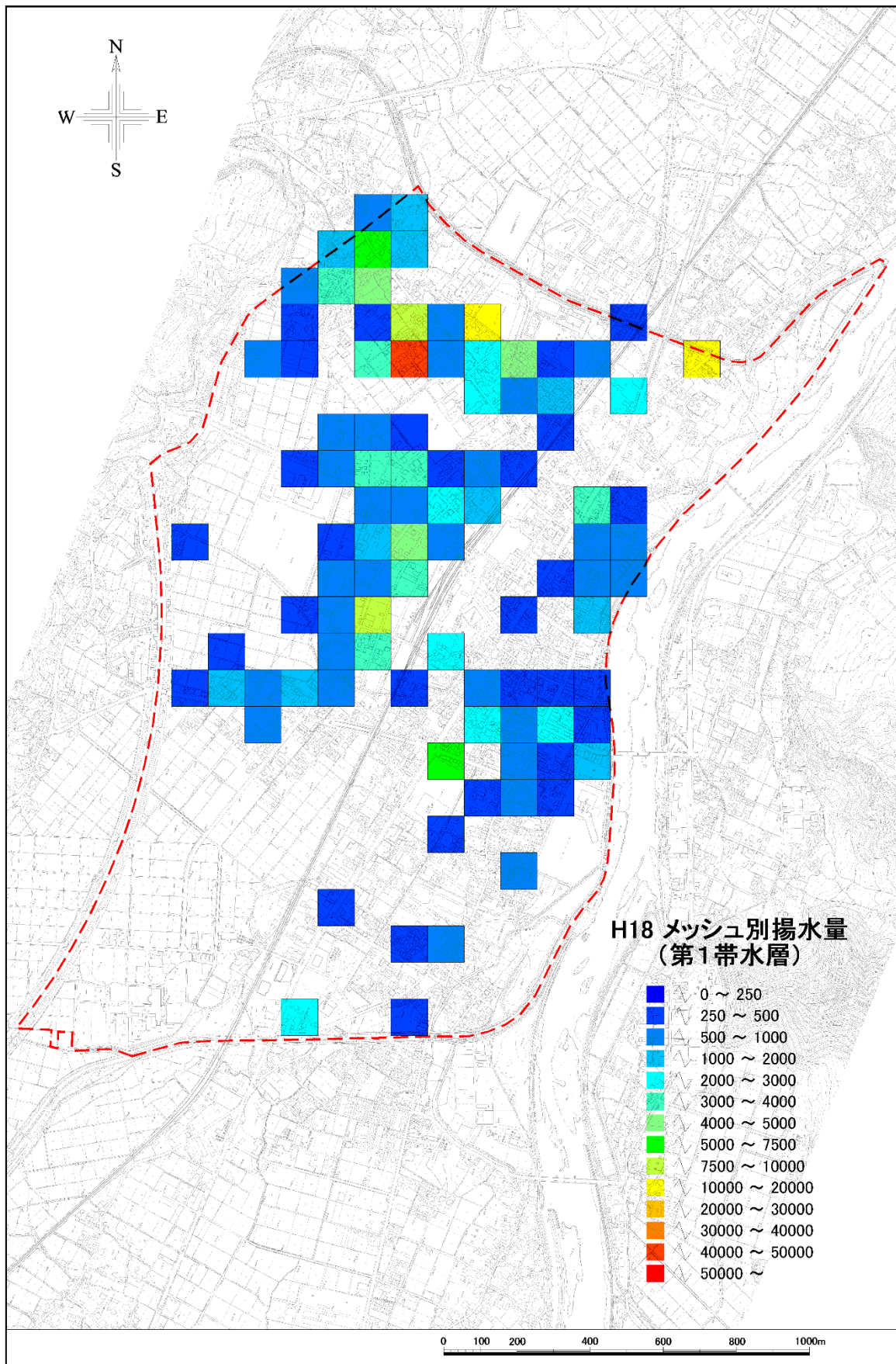


図 3-5(10) メッシュ別・帯水層別揚水量 (第1帯水層：平成18年)

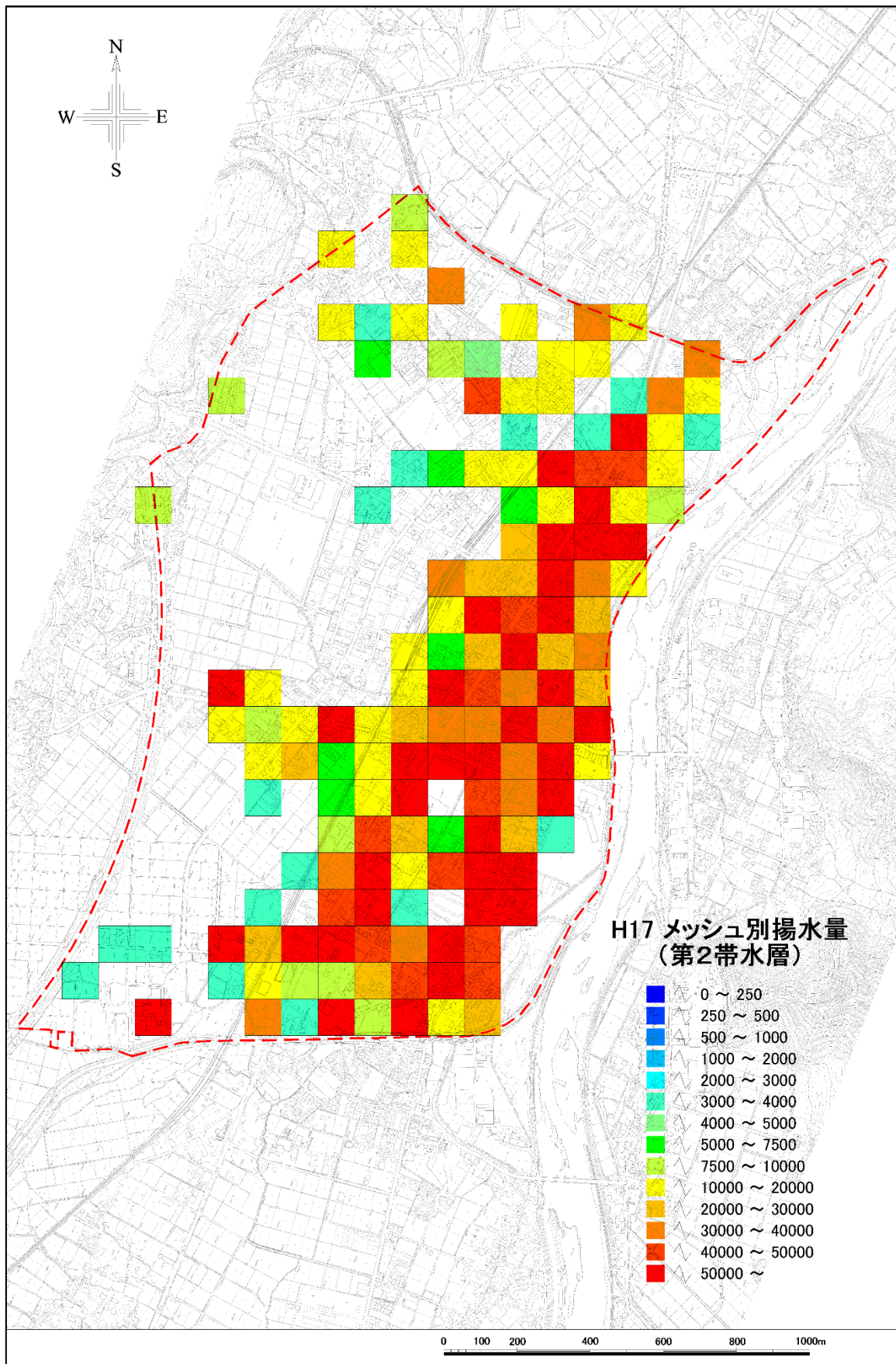


図 3-5(11) メッシュ別・帯水層別揚水量 (第2帯水層：平成17年)

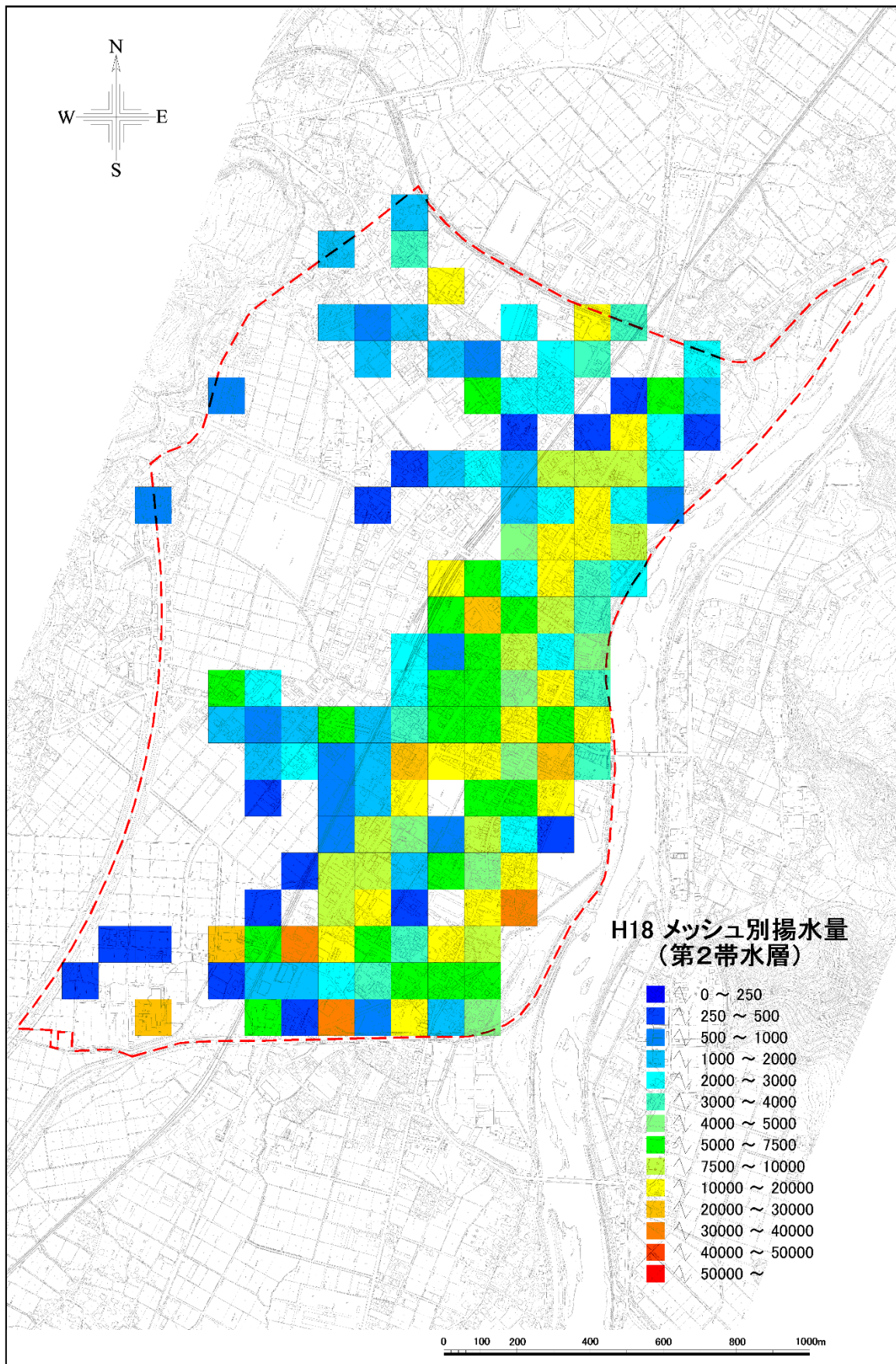


図 3-5(12) メッシュ別・帯水層別揚水量 (第2帯水層：平成 18 年)

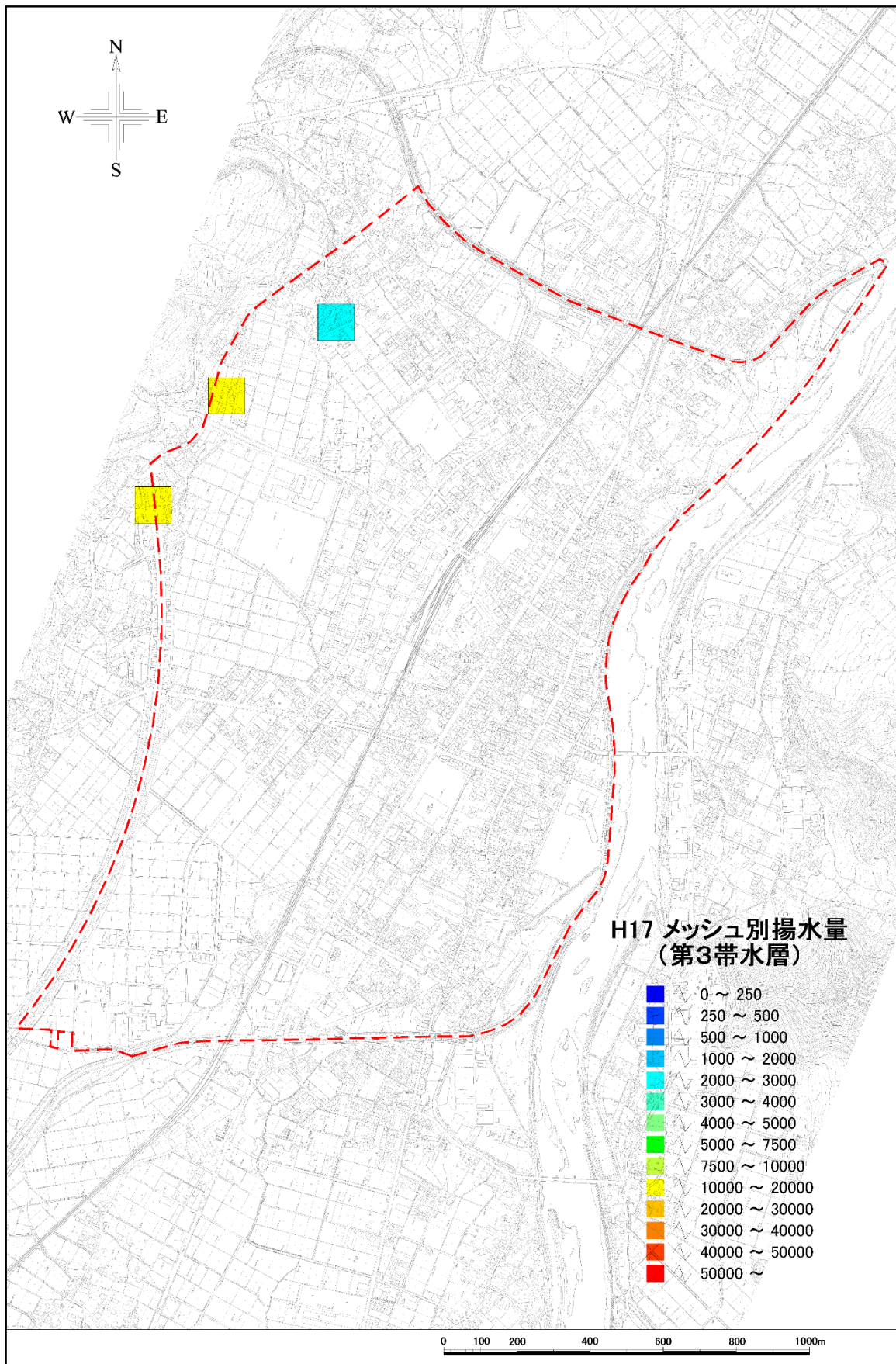


図 3-5(13) メッシュ別・帯水層別揚水量 (第3帯水層：平成17年)

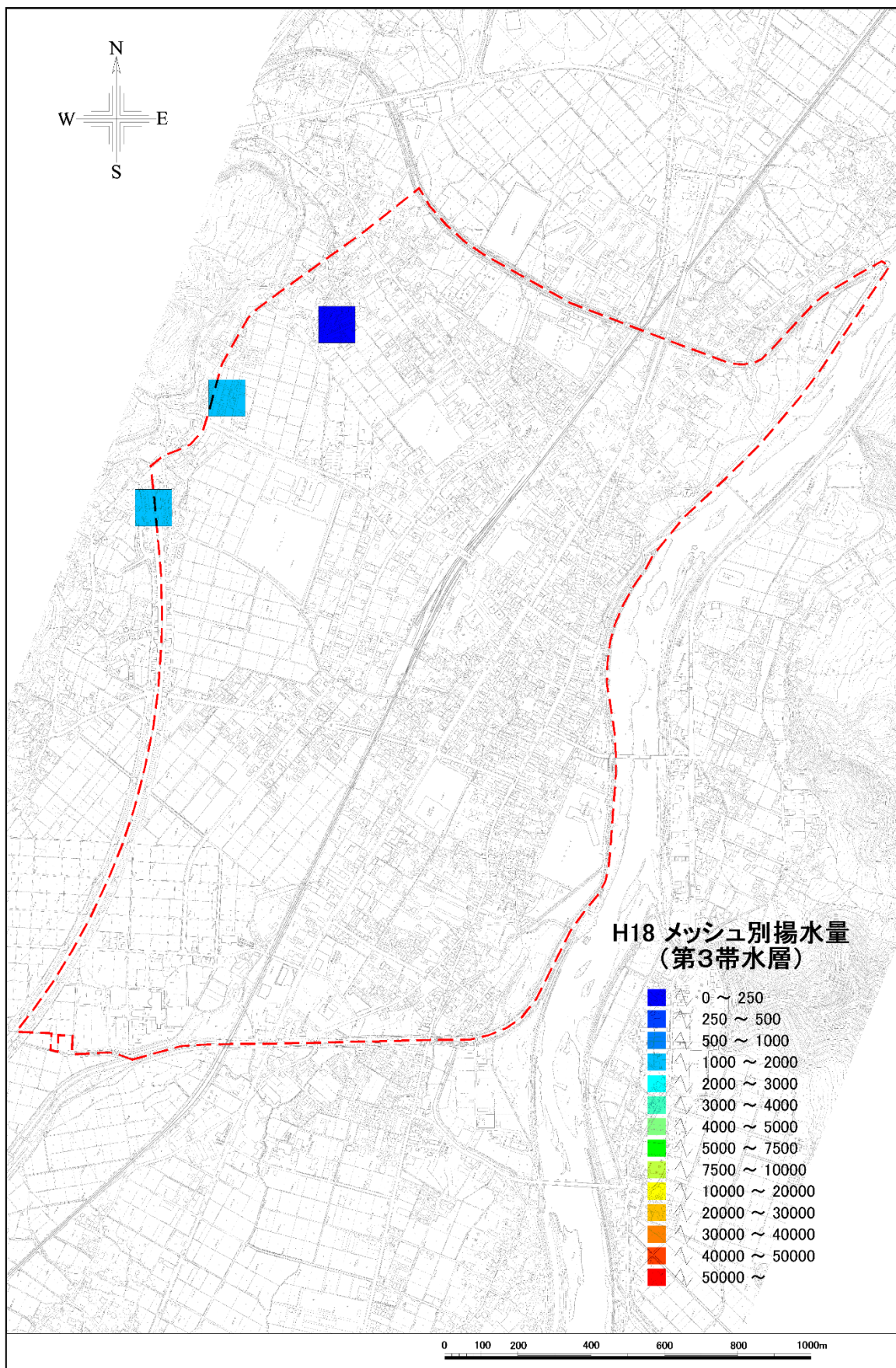


図 3-5(14) メッシュ別・帯水層別揚水量 (第3帯水層：平成 18 年)