

札幌地盤図と表層地盤の特徴について

北海道土質コンサルタント株式会社
取締役統括技術部長 松本 和正
(北海道地質調査業協会 技術委員)

報告内容:

2006年（平成18年）11月に弊社の創立55周年記念誌として「札幌地盤図」を刊行した。当報告ではこの地盤図と、表層に分布する代表的あるいは特徴的な堆積物について分布（範囲、層厚）や工学的特性等について報告する。

札幌地盤図

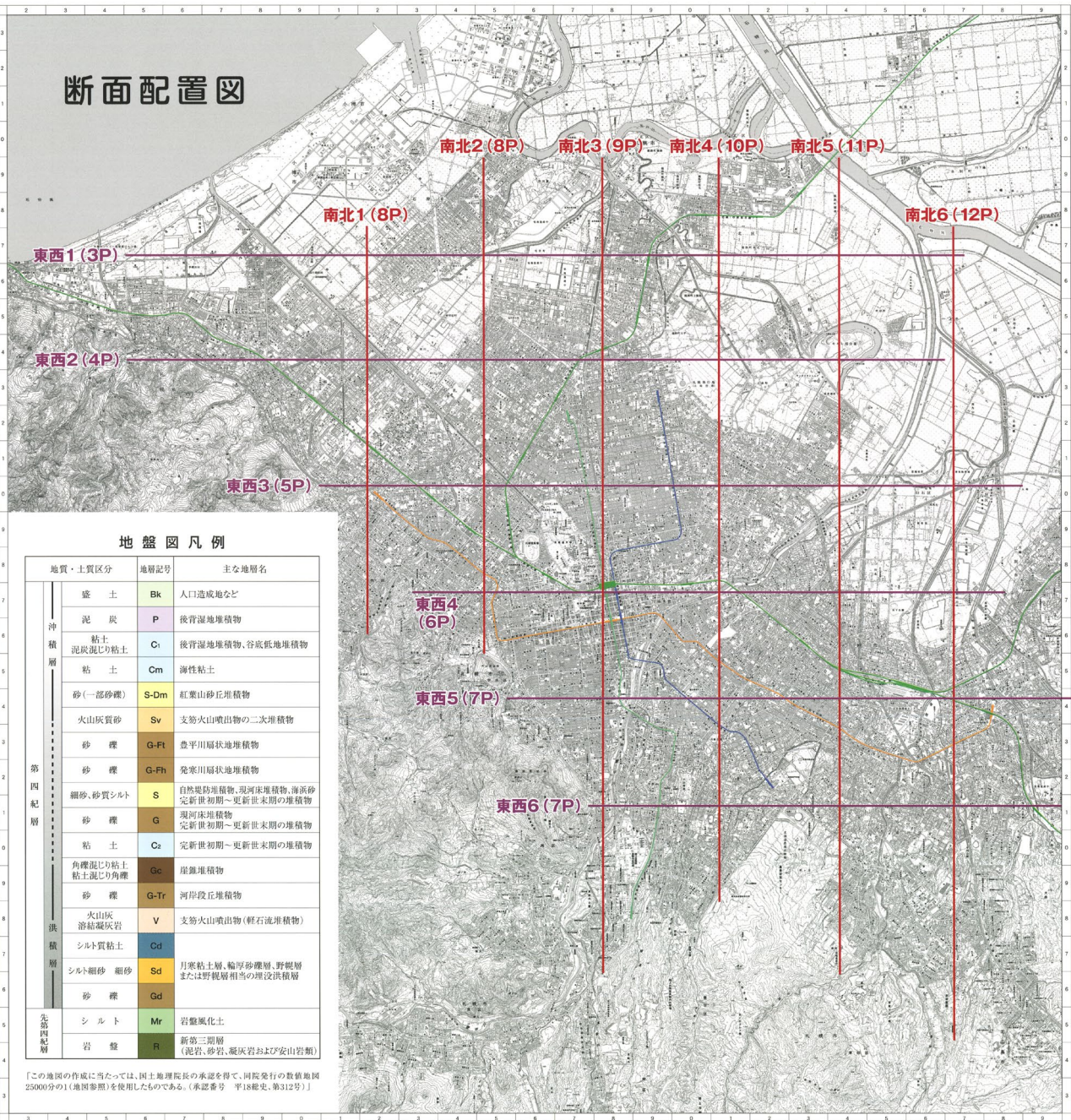


札幌地盤図



札幌地盤図は、表層地盤の土層構成をまとめた断面図と地表部の土質を表した「2m深図」から構成される。

断面配置図



地盤図の特徴

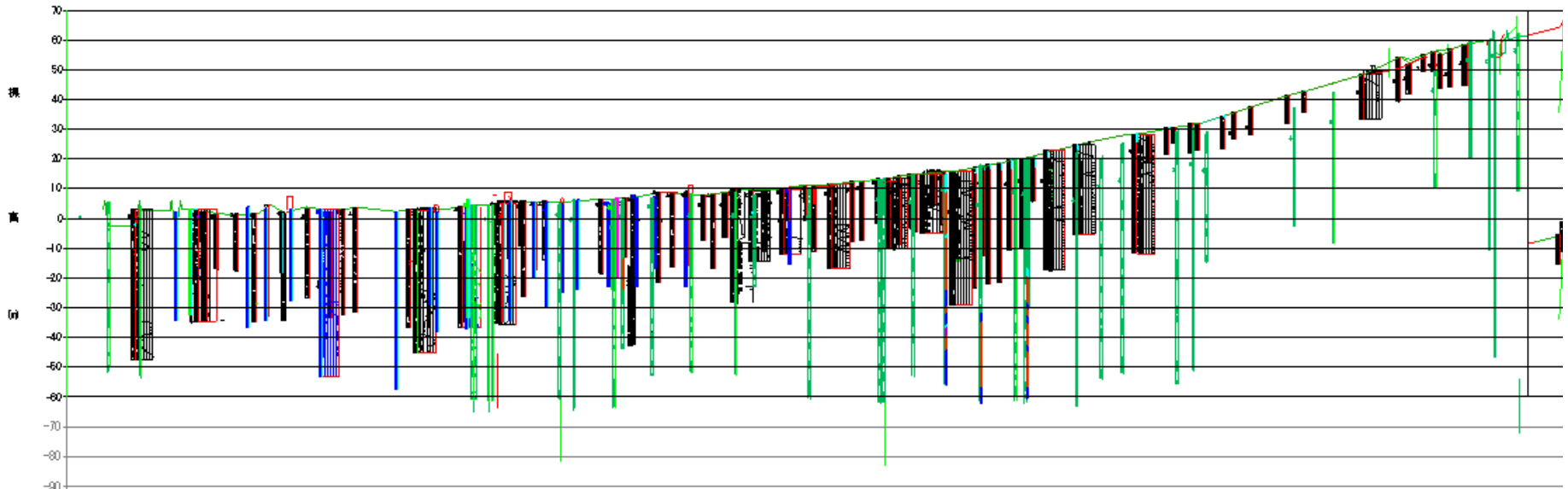
- ・山地を除く平野や丘陵地を対象にして東西方向と南北方向にそれぞれ約3km間隔で6本、合計12本の断面図を作成した。
- ・解析断面の総延長は216kmとなる。

地盤図凡例

地質・土質区分	地層記号	主な地層名	
沖積層	Bk	人口造成地など	
	P	後背湿地堆積物	
	Ci	後背湿地堆積物、谷底低地堆積物	
	Cm	海性粘土	
	S-Dm	紅葉山砂丘堆積物	
	Sv	支笏火山噴出物の二次堆積物	
	G-Fi	豊平川扇状地堆積物	
	G-Fh	発寒川扇状地堆積物	
	S	自然堤防堆積物、現河床堆積物、海浜砂 完新世初期～更新世末期の堆積物	
	G	現河床堆積物 完新世初期～更新世末期の堆積物	
第四紀層	Ca	完新世初期～更新世末期の堆積物	
	Gc	崖線堆積物	
	G-Tr	河岸段丘堆積物	
	V	支笏火山噴出物(軽石流堆積物)	
	Cd	シルト質粘土	
	Sd	月寒粘土層、輪厚砂礫層、野幌層 または野幌層相当の埋没洪積層	
	Gd	砂礫	
	洪積層	Mr	岩盤風化土
		R	新第三期層 (泥岩、砂岩、凝灰岩および安山岩類)

〔この地図の作成に当たっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の数値地図25000分の1(地図参照)を使用したものである。(承認番号 平18総史、第312号)〕

地盤図の特徴



断面図の作成は、自社や公表されている調査ボーリングデータ、井戸調査資料を断面図上に一旦並べ(上図)、調査深度、内容等を考慮して、代表柱状図を選定した。解析に使用したボーリング柱状図は、東西、南北断面併せてのべ約1200本となり、約180mに1本の割合である。

これらの柱状図から忠実に断面図を作成したのが札幌地盤図の特徴の1つである。

土層区分と凡例

- 土質分類は地盤工学会の分類を基本として左図のとおりとした。
- 時代区分は、支笏火山噴出物の火山灰(V)よりも下位の土層は洪積層に、上位の土層を沖積層と扱った。
- 扇状地を構成する砂礫と粘土混じり砂礫は、支笏火山噴出物との関係が部分的にしか解かっておらず、全体的な時代を推定する資料に乏しいため、洪積層と沖積層の中間に位置づけた。

これらの土層のうち以下の特徴を報告する。

- ①泥炭 (P)
- ②海成粘土 (Cm)
- ③紅葉山砂丘堆積物 (S-Dm)
- ④豊平川扇状地堆積物 (G-Ft)
- ⑤支笏軽石流堆積物 (V)
- ⑥篠路地区の軟岩 (R)
- ⑦沢埋め造成盛土 (Bk)

地質・土質区分		地層記号	主な地層名
沖積層	盛 土	Bk	人口造成地など
	泥 炭	P	後背湿地堆積物
	粘土 泥炭混じり粘土	C1	後背湿地堆積物、谷底低地堆積物
	粘 土	Cm	海成粘土
	砂 (一部砂礫)	S-Dm	紅葉山砂丘堆積物
	火山灰質砂	Sv	支笏火山噴出物の二次堆積物
	砂 礫	G-Ft	豊平川扇状地堆積物
	砂 礫	G-Fh	発寒川扇状地堆積物
	細砂、砂質シルト	S	自然堤防堆積物、現河床堆積物、海浜砂 完新世初期～更新世末期の堆積物
	砂 礫	G	現河床堆積物 完新世初期～更新世末期の堆積物
	粘 土	C2	完新世初期～更新世末期の堆積物
	角礫混じり粘土 粘土混じり角礫	Gc	崖錐堆積物
	砂 礫	G-Tr	河岸段丘堆積物
	火山灰 溶結凝灰岩	V	支笏火山噴出物 (軽石流堆積物)
	洪積層	シルト質粘土	Cd
シルト細砂 細砂		Sd	月寒粘土層、輪厚砂礫層、野幌層 または野幌層相当の埋没洪積層
砂 礫		Gd	
先第四紀層	シルト	Mr	岩盤風化土
	岩 盤	R	新第三紀層 (泥岩、砂岩、凝灰岩および安山岩類)

地形区分

札幌の地形は、札幌市内を東西に横断するJR函館本線と千歳線を境として北側の低地と南側の扇状地・丘陵・台地・山地に2分される。

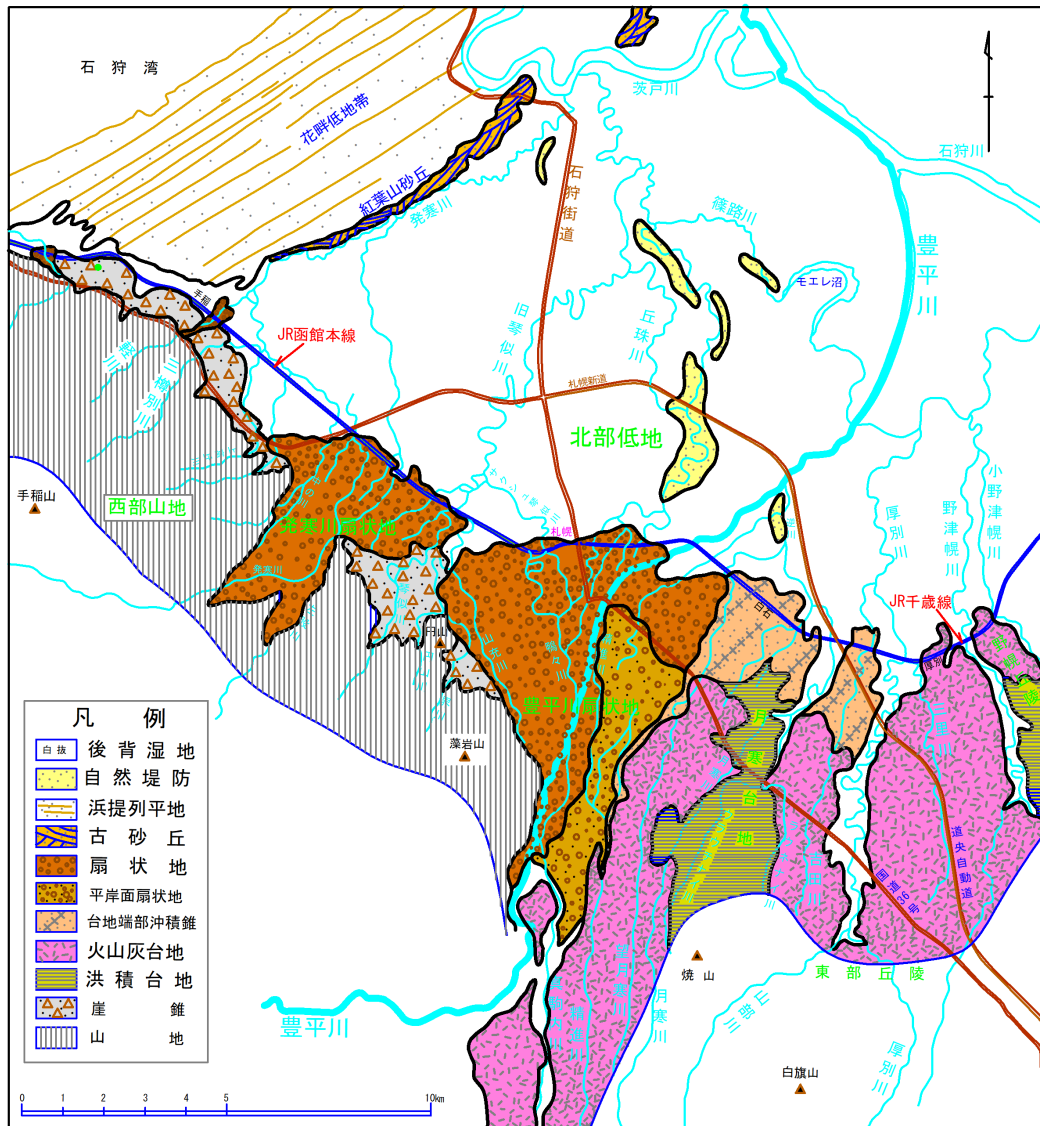
①石狩川最下流部は「石狩海岸平野」と呼ばれる低地である。石狩砂丘地帯や紅葉山砂丘(地帯)などの砂丘堆積物で形成される。

②紅葉山砂丘以南からJRまでと北東部は「北部低地」で軟弱な粘土や泥炭などの後背湿地堆積物や海成粘土、さらに自然堤防堆積物が分布する。

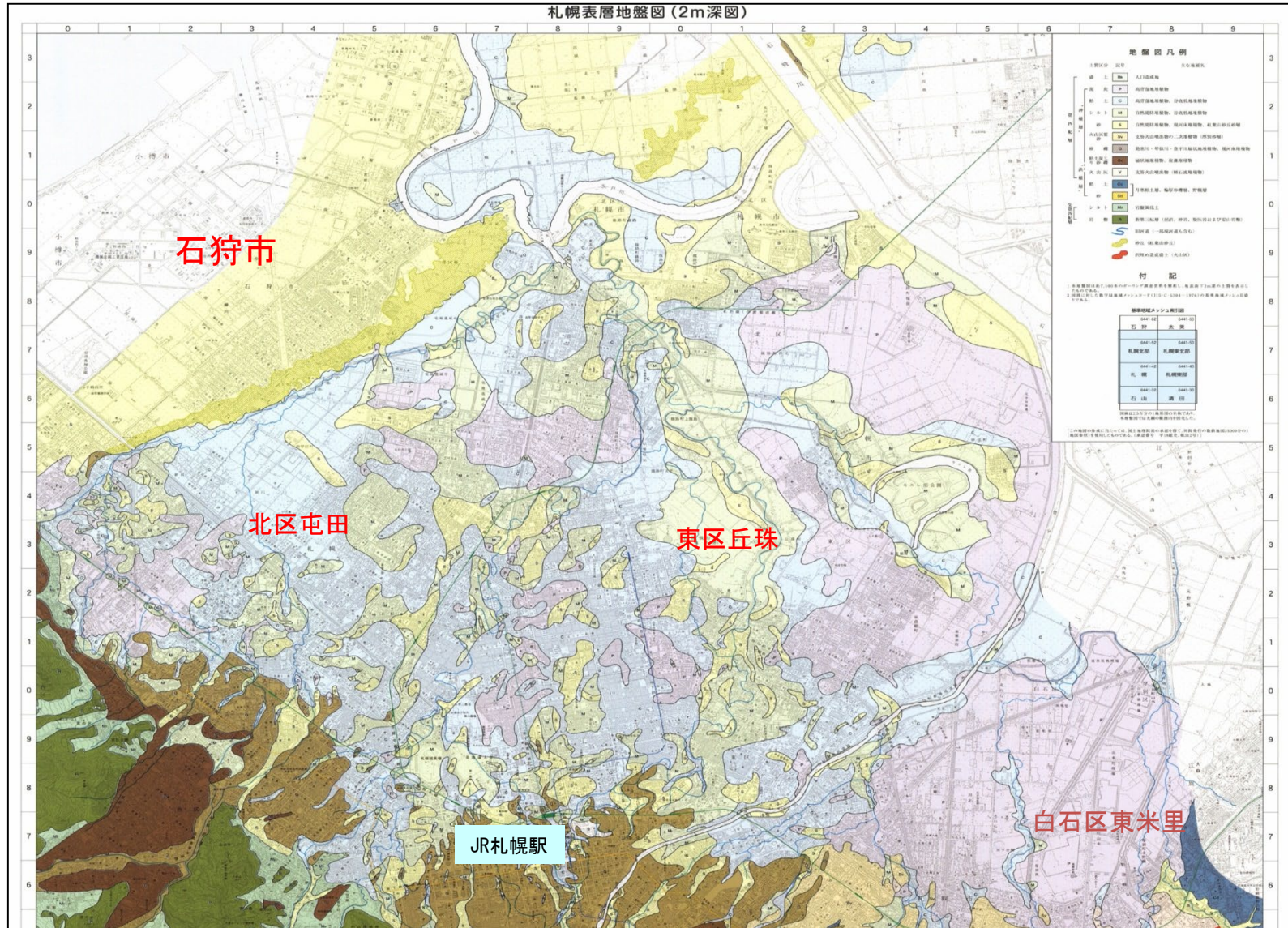
③南西部は、硬石山・藻岩山・手稲山など、火山岩で構成される標高300~1,000m級の独立峰が連なる「西部山地」が発達する。

④真駒内川より東側、JRの南側は「東部丘陵」と呼ばれ、主に火山灰台地が発達する。

⑤「西部山地」と「北部低地」の境には扇状地群・崖錐(旧扇状地)群が形成される。札幌市の中心部は豊平川扇状地表面上に位置している。

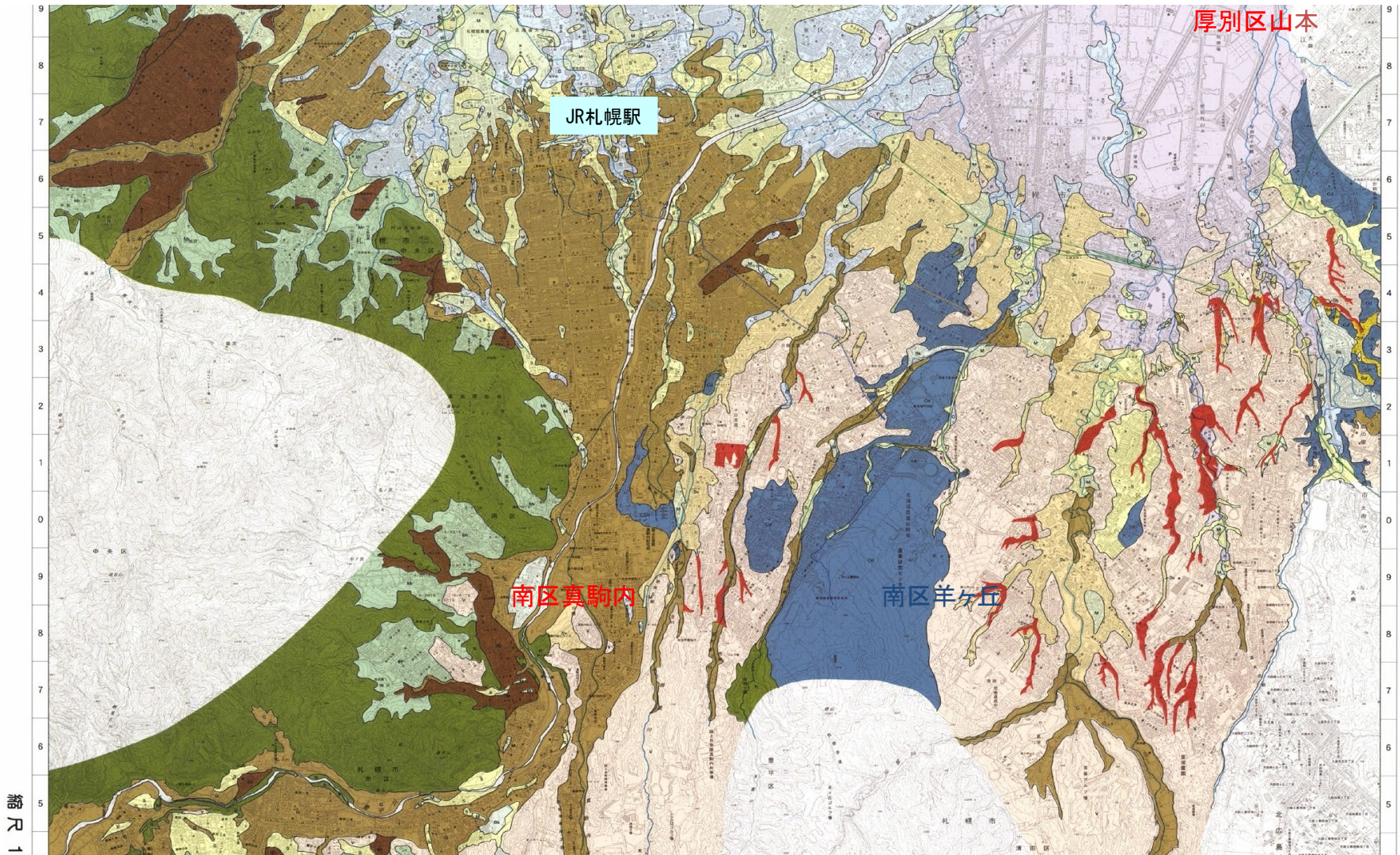


2 m深図 (札幌市北部)



- ・ JR線より北側の表層には、砂質土(S)やシルト(M)、粘土(C)、および泥炭(P)が分布する。

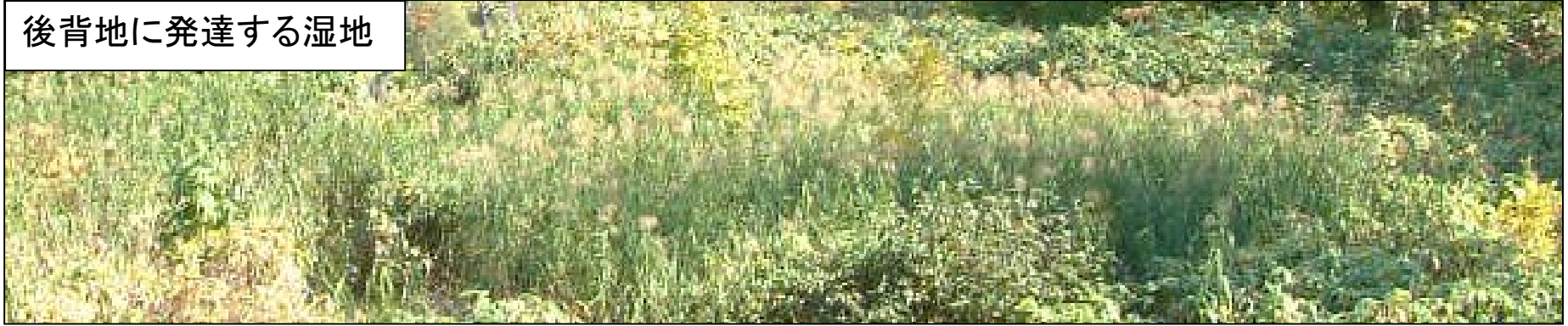
2 m深図 (札幌市南部)



- JR線より南側の表層には、砂礫(G)、火山灰(V)や粘土(C)が分布しており、北側とは対象的である。
- 赤色部は火山灰による沢埋め造成盛土と想定された範囲である。

泥炭 (P)

後背地に発達する湿地

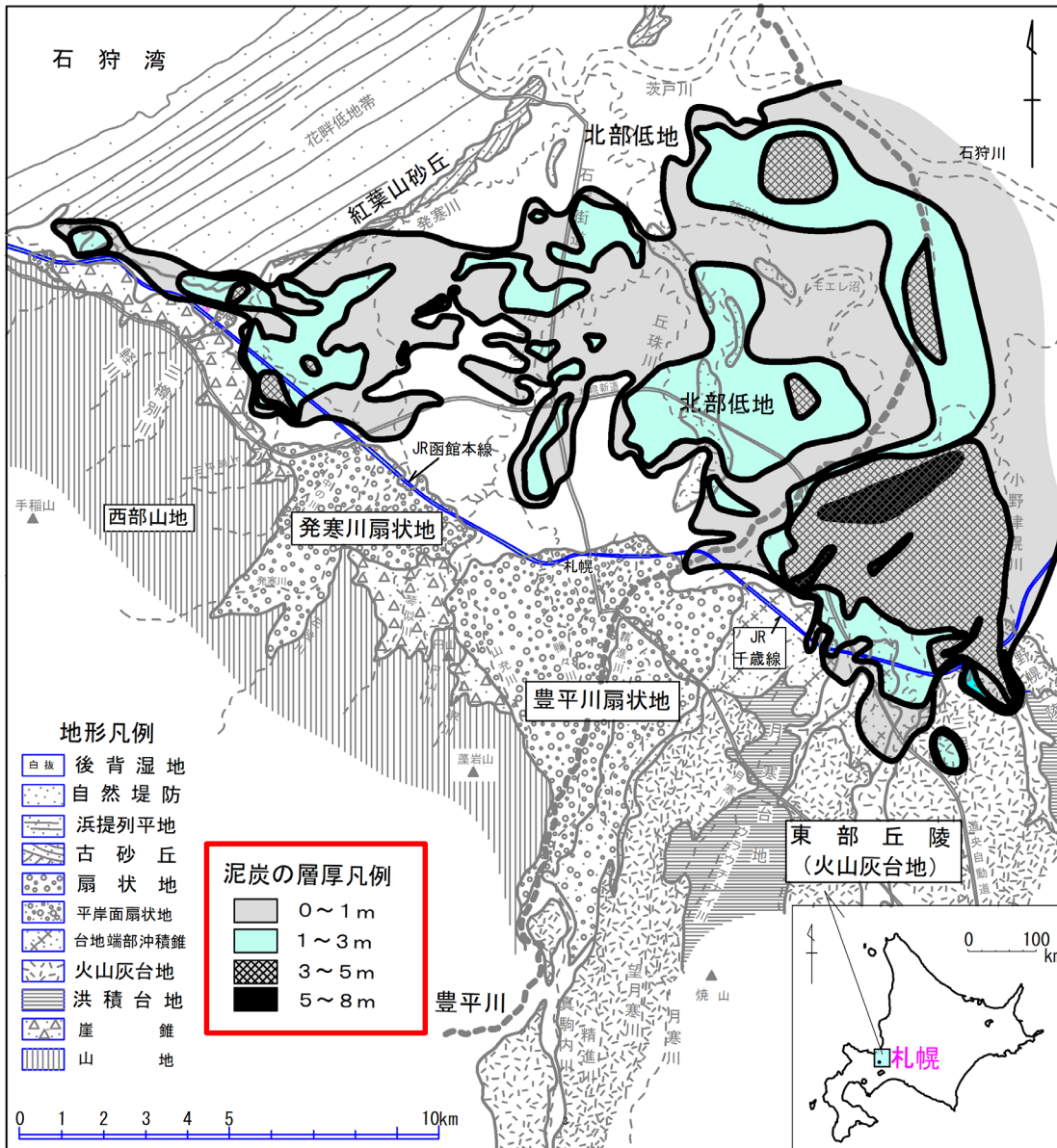


泥炭のかたまり。すべて枯れた植物と水からできています。

- 泥炭 (P) は冷涼な気候下で湿地に植物遺体が堆積し、分解よりも堆積作用の方が優勢なときに形成される。
- 札幌地区では、5,000～4,000年前の冷涼気候への移行期から泥炭の堆積が始まったとされる。
- 工学的な意味では有機物含有量20%以上を泥炭性軟弱地盤と扱っており、札幌周辺のものには未分解なものが多いことから {Pt} として一括した。

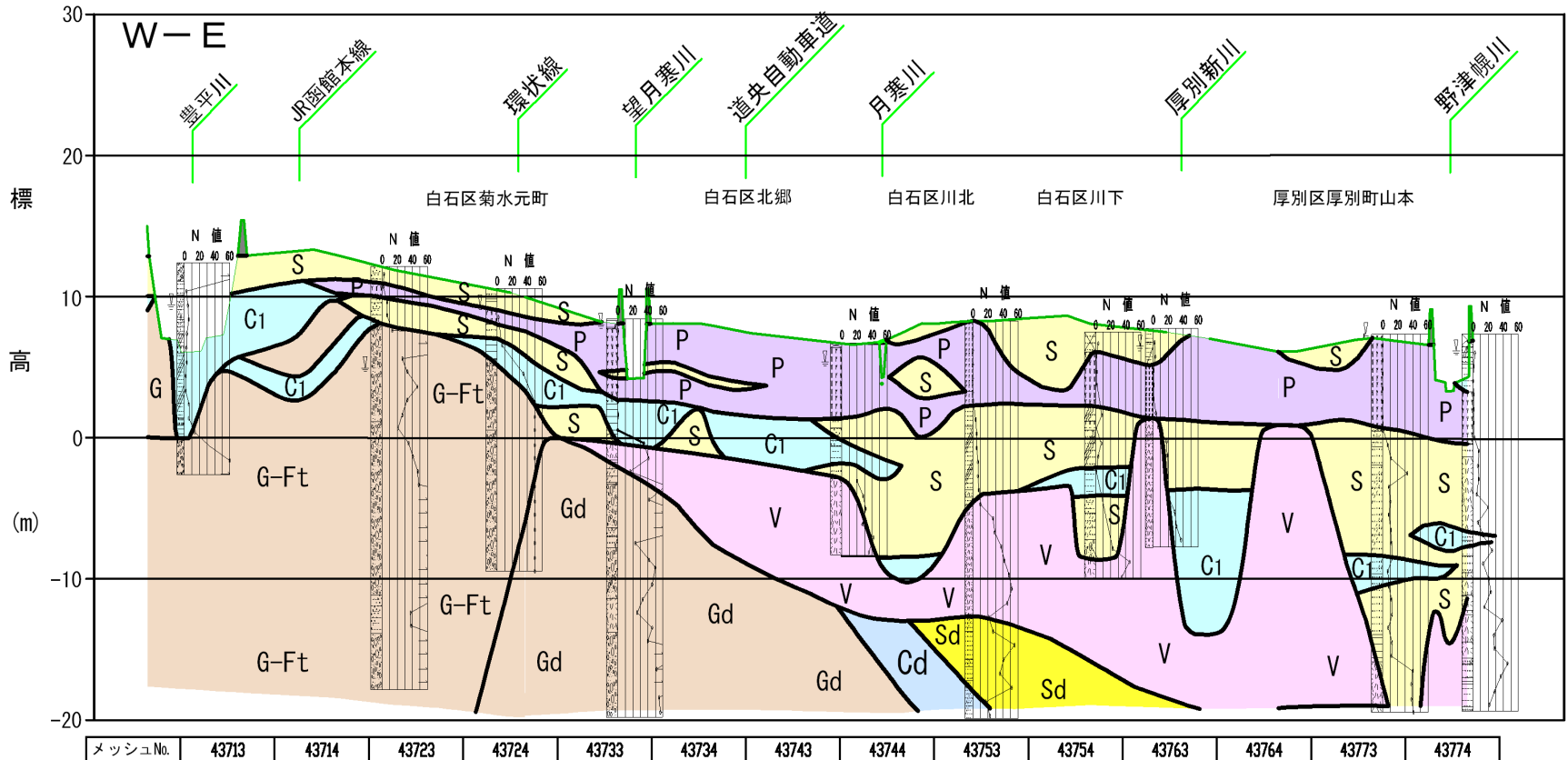
泥炭 (P) の分布

- ・ P層は、札幌北部低地と呼ばれる沖積低地内に分布する。南北約15km, 東西約20kmの広い範囲に及ぶ。
- ・ 分布は標高約15m以下の低所に分布する。



泥炭 (P層) の分布

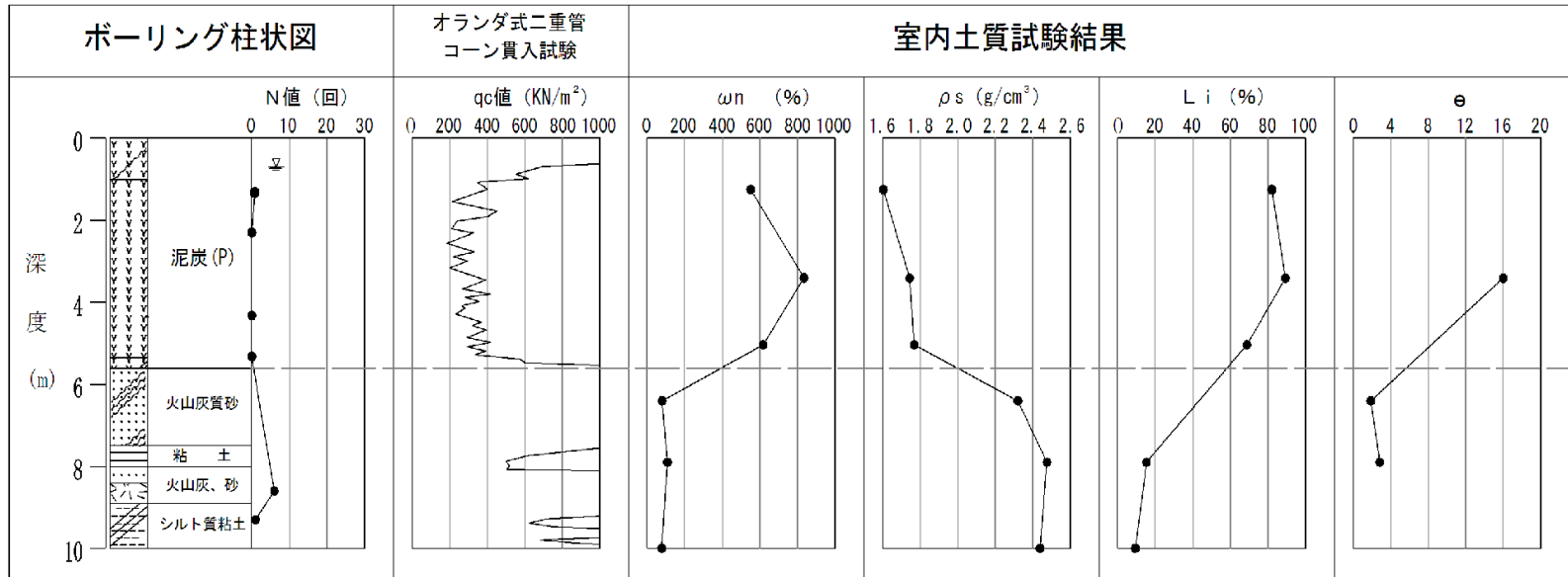
泥炭 (P) の分布



泥炭 (P層) の分布 (東西断面)

- ・札幌市北部における泥炭の一般的な厚さは1～3mで、厚別地区や手稲宮の沢地区などでは4～6mと厚く、厚別地区においては粘土や砂を挟みながら最大厚さが10mに達する場合がある。
- ・北区新川、新琴似地区や東区伏古～東苗穂地区周辺では豊平川や伏籠川の堆積物に覆われて層厚が4m以下と薄くなる。

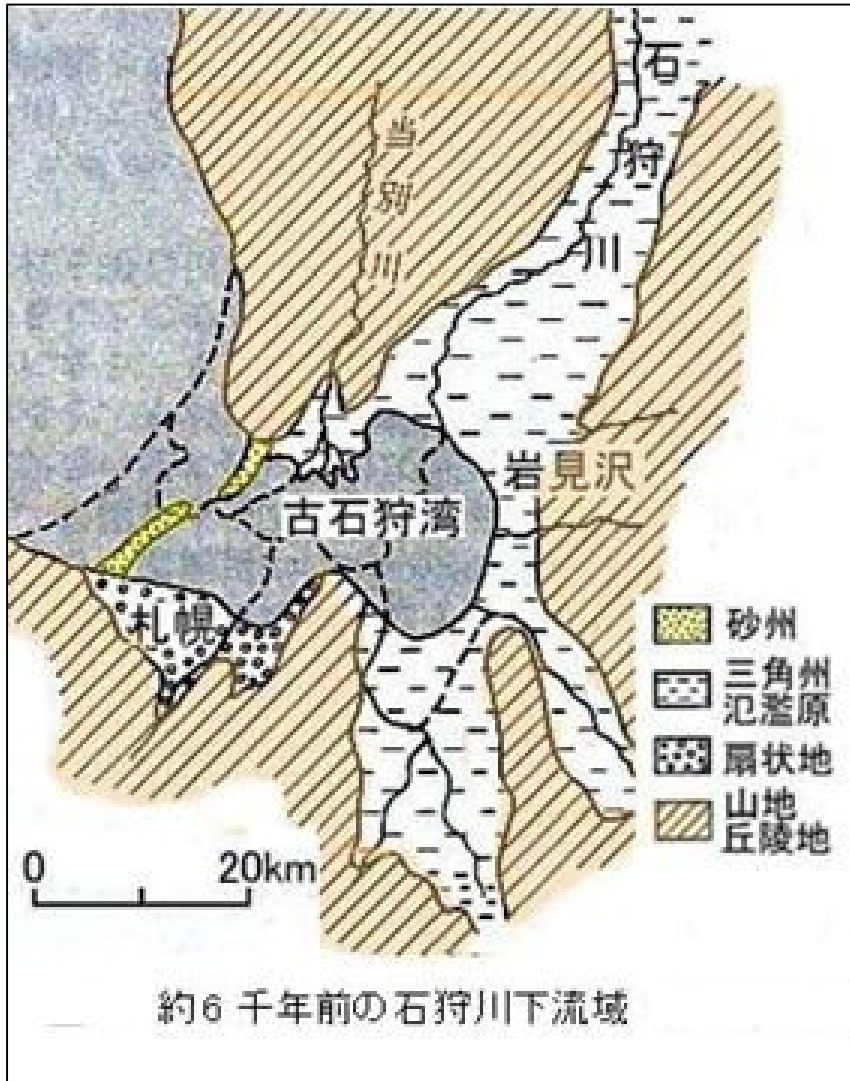
泥炭(P)の工学的性質



P層のN値、qc値、室内土質試験結果例（厚別区山本地区）

- ・ 調査例では、表層から深さ5.5mまでP層が分布する。P層のN値は0～1を示し非常に軟弱である。
- ・ qc値は表層の1mを除くとqc=200～400(kN/m²)を示しており深度方向に微増している。qc値は強度の変化を敏感に反映している。
- ・ 泥炭の自然含水比は $\omega_n \doteq 500 \sim 800$ (%)と高含水比であり、土粒子の密度は $\rho_s \doteq 1.6 \sim 1.8$ (g/cm³)の範囲にあり、一般的な土砂に比べて著しく小さくなる。これは、密度の小さい植物繊維（セルロース）を多量に混入しているためである。
- ・ 強熱減量はLi=70～90%と高く有機物を多量に混入していることを示している。

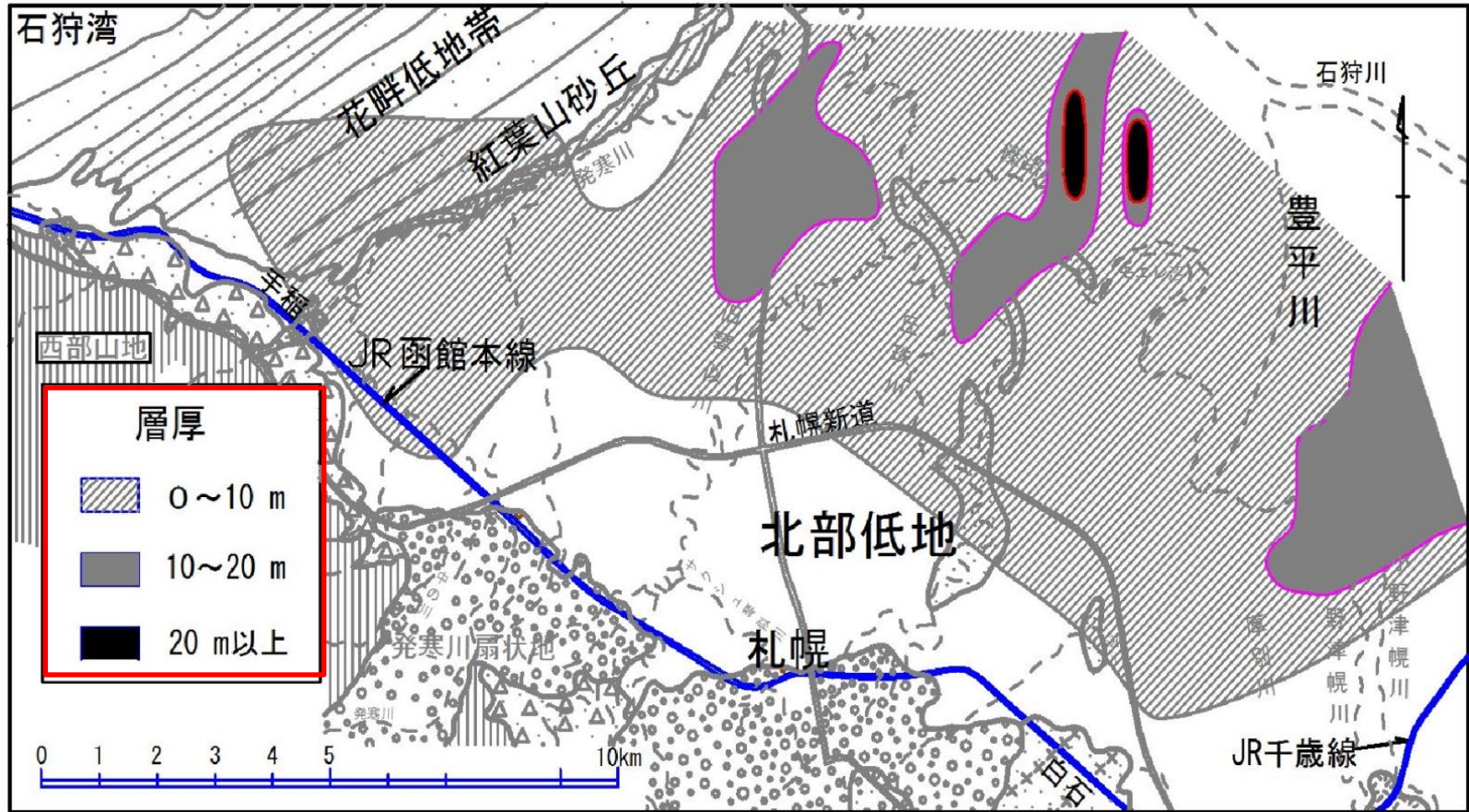
海成粘土 (Cm)



古石狩湾の形状

- ・海成粘土 (Cm) は約1.0~0.7万年前の縄文海進時に古石狩湾に堆積したと考えられている。
- ・ボーリング試料は特徴的な黒色を呈し、カキ貝が混じるなど、静かな内湾性の還元環境に堆積した海成粘土の特徴を示す。

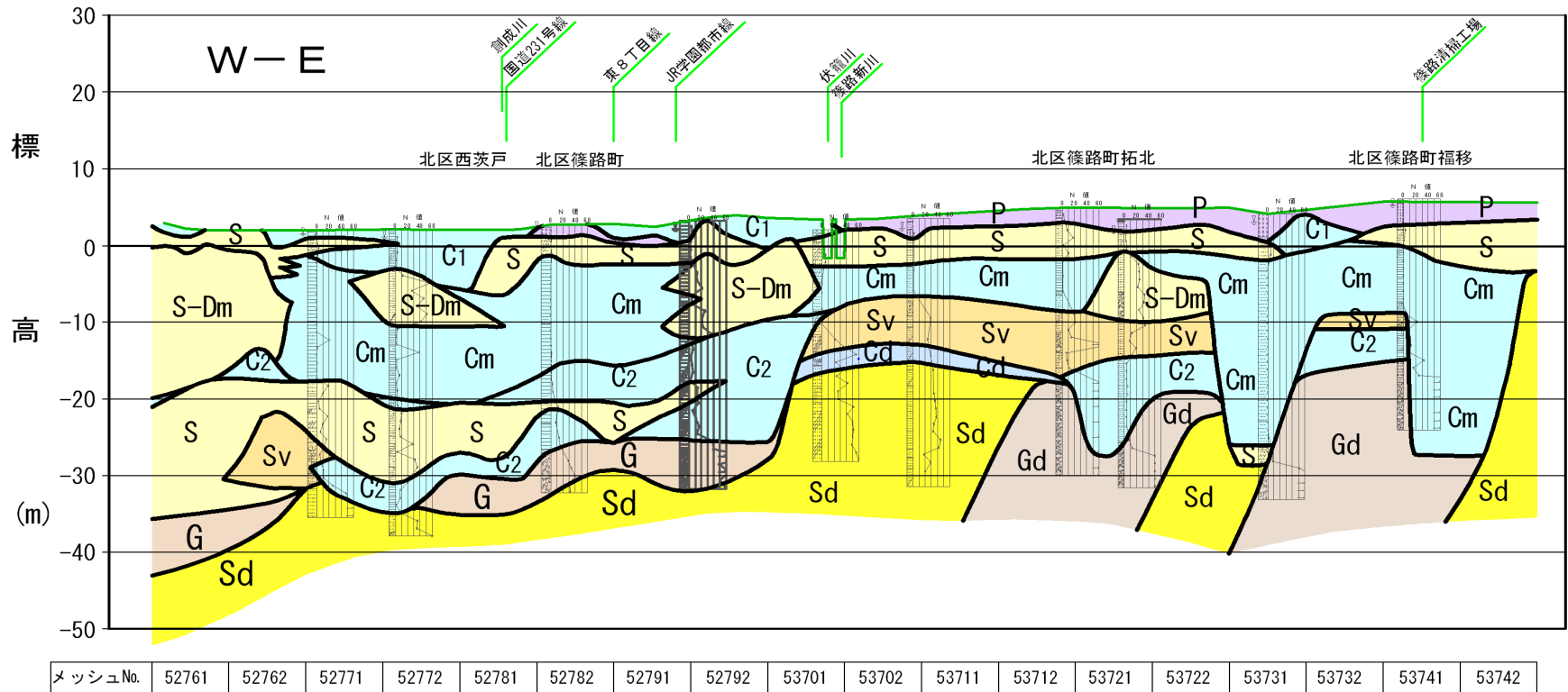
海成粘土 (Cm) の分布



海成粘土 (Cm層) の分布

分布範囲はJR函館本線～千歳線以北の南北約10 km、東西20 kmであり、隣接する石狩市や当別町に及ぶ。

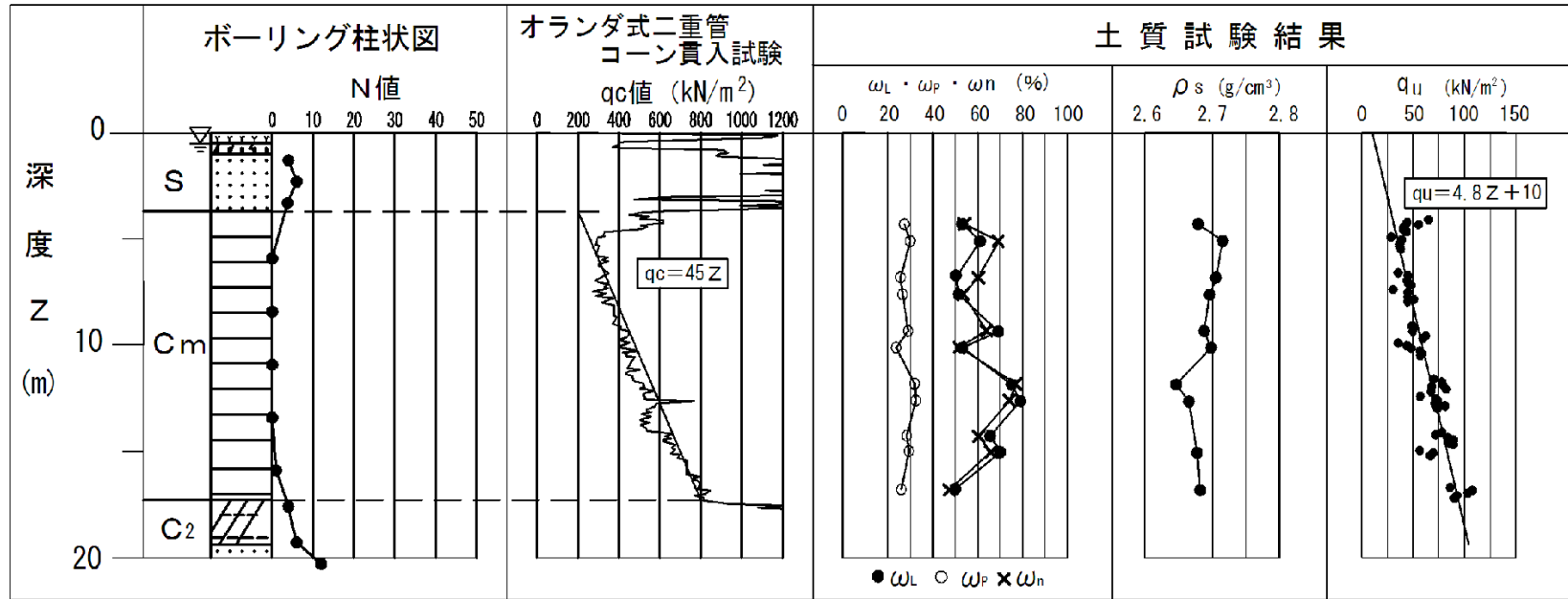
海成粘土の（Cm）の分布



海成粘土（Cm層）の分布（東西断面）

- ・ 層厚が10～20mと厚く分布するのは北区屯田～篠路西部地区、篠路町福移～東区丘珠地区、東区丘珠～厚別地区であり、特に篠路町福移地区の一部では20m以上にも達する。
- ・ 北区屯田よりも西側では、砂丘堆積物（S-Dm）の下位に分布し、上載荷重によって強度が高くなる傾向がある。

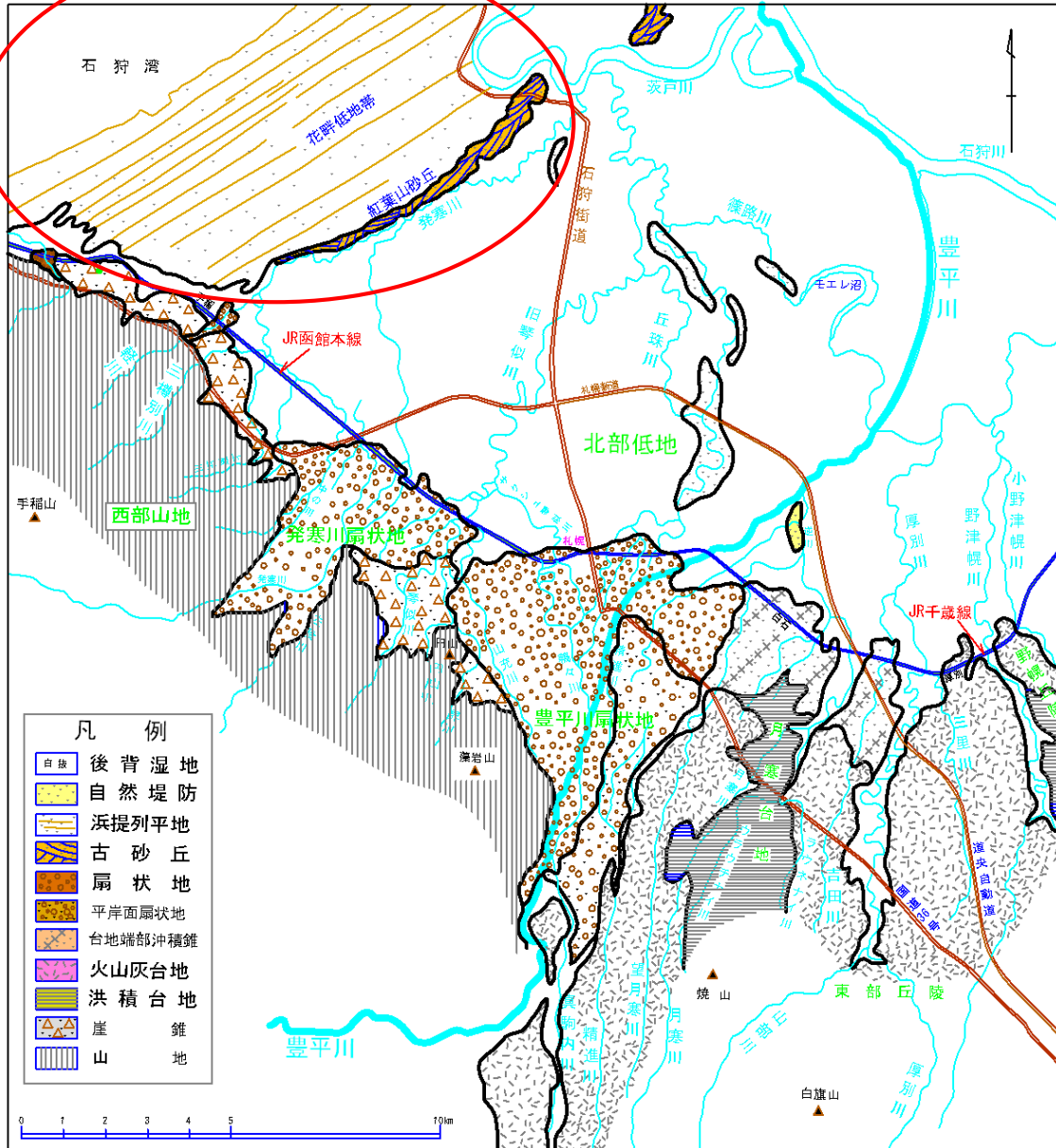
海成粘土 (Cm) の工学的性質



Cm層の N値、qc値、室内土質試験結果例（あいの里地区）

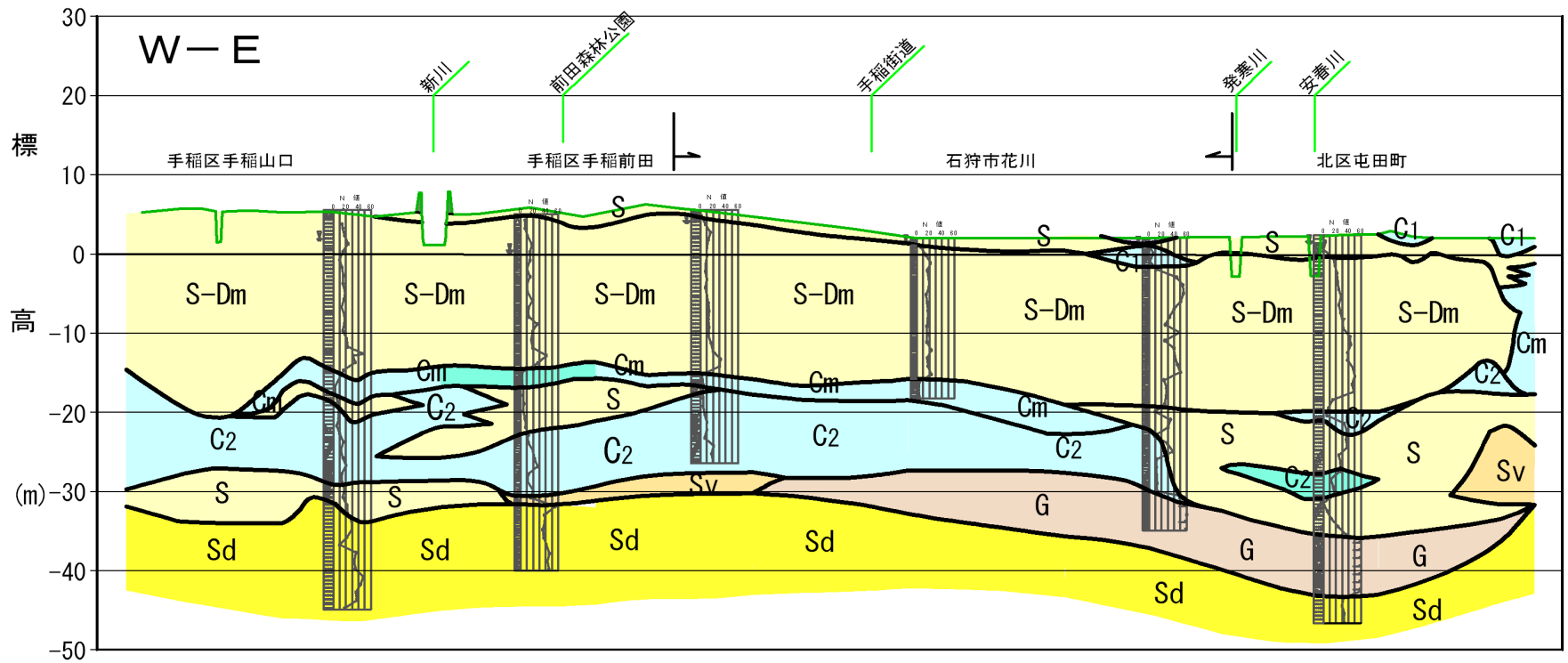
- ・ N値は大半が 0 ~ 2 を示し、調査例のように N値が全層で 0 を示す場合が多い。
- ・ コーン貫入試験では、 $qc = 250 \sim 800$ (kN/m²) を示し、 $qc = 45 \times Z$ (kN/m²) の勾配でほぼ直線的に増加する。
- ・ 工学的には砂 10% 程度を含む細粒土で、分類では粘土 (CH) に分類される。
- ・ 自然含水比は 50 ~ 80% で中には 100% を超える部分も見られる。自然含水比は全体的に液性限界より 10 ~ 20% 高いため、こね返しや振動により容易に泥状化し易い性質を持っている。

紅葉山砂丘堆積物 (S-Dm)



- ・札幌市の北西部の石狩市との境界部に、幅0.5～1km、延長約15km、標高最高点18.5mを頂点とする紅葉山砂丘が海岸線と平行に分布している。
- ・紅葉山砂丘は海岸から5～6 km内陸側に発達した内陸古砂丘であり、石狩市内の海岸平野と札幌市の北部低地を区分する。
- ・南側に位置する北区新川、新琴似、屯田町では低地の粘性土や砂質土に覆われながら連続して伏在する。

紅葉山砂丘堆積物 (S-Dm) の分布



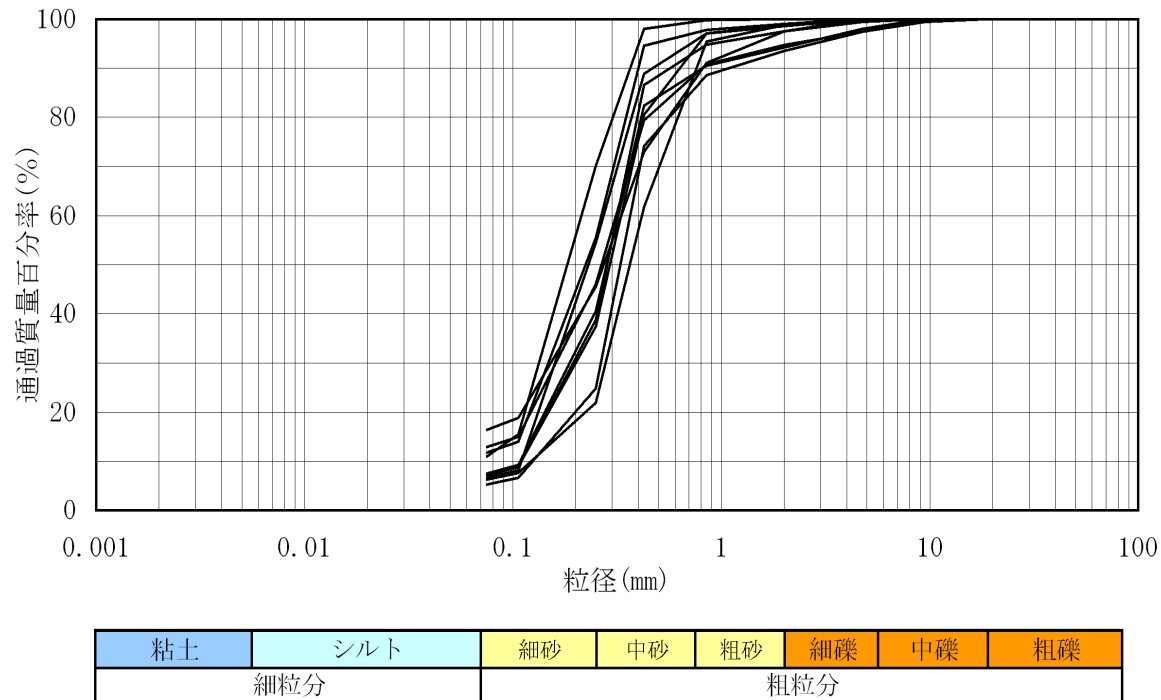
メッシュNo.	51781	51782	51791	51792	52701	52702	52711	52712	52721	52722	52731	52732	52741	52742	52751	52752	52761	52762
---------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

紅葉山砂丘堆積物 (S-Dm層) の分布 (東西断面)

- ・手稲地区から石狩市、北区屯田地区にかけての東西方向では、層厚20mとほぼ一様に分布する。南北方向の層厚は、紅葉山砂丘以南で次第に薄くなるが層厚数mまでは連続性が確認できる。
- ・締め具合は $N \approx 10 \sim 30$ 程度と中位程度の締め具合である。

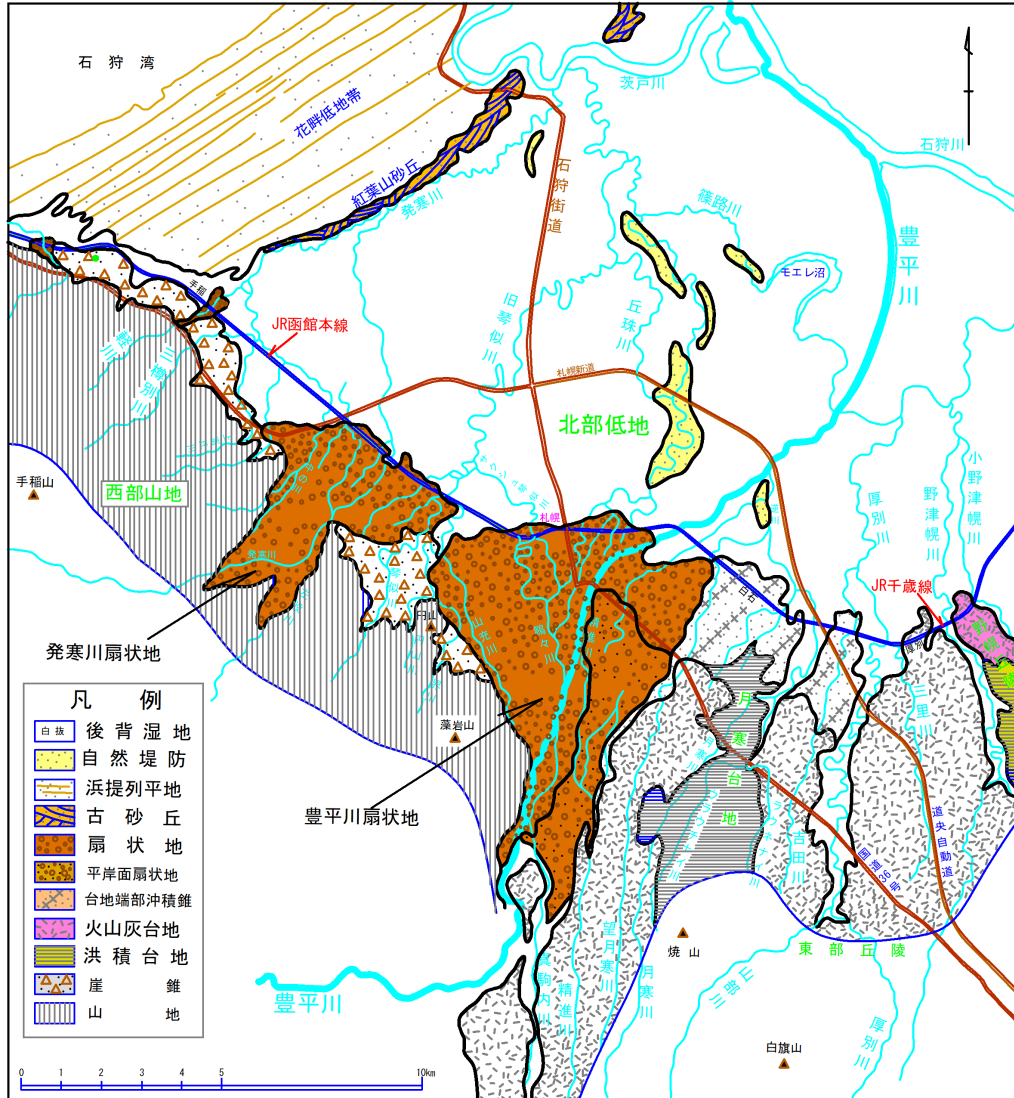
工学的性質

- ・自然含水比は、地下水面上で $\omega_n \doteq 10 \sim 20\%$ と低く、地下水面下では $20 \sim 40\%$ と高くなる。土粒子の密度は $\rho_s = 2.6 \sim 2.8 \text{ g/cm}^3$ の範囲をとることが多いが鉄分(砂鉄)を混入する場合は 2.8 g/cm^3 以上となることもある。
- ・構成粒子は、礫分が 10% 以下で細粒分は $F_c = 10 \sim 15\%$ を示し、その大半が細砂～中砂に集中した分級された粒度となっている。
- ・地下水位が高く、締まり具合が中位程度であるため地震時の液状化を検討しなければならない土層である。



S-Dmの粒度分布

扇状地堆積物（G）



- 札幌周辺の西部山地と北部低地の境には典型的な形状を持った扇状地が発達する。
- このうち最も規模が大きいのが豊平川扇状地で発寒川扇状地、琴似川扇状地、軽川扇状地・星置扇状地などがこれに続く。
- 豊平川扇状地の扇頂は標高約100mの真駒内付近にあり、地表での扇端はJR函館本線付近に展開して標高15m等高線とほぼ一致する。軸長は約10kmであり6/1,000～7/1,000の均一な勾配を持っている。

豊平川扇状地堆積物(G-Ft)

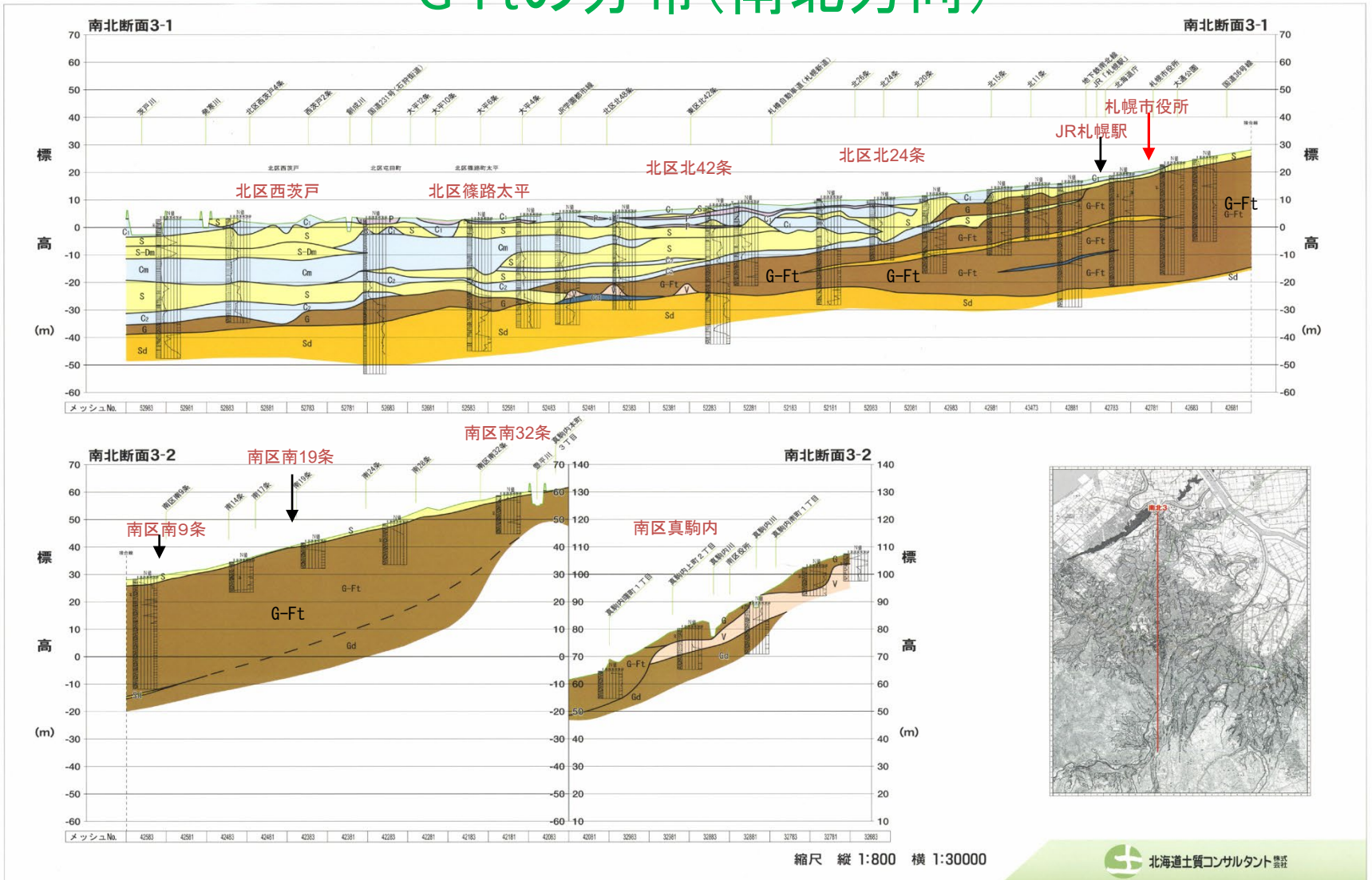


- ・豊平川扇状地堆積物は玉石を混入する砂礫層で構成される。
- ・礫径は幌平橋付近では20～100mm、最大径は300mmであるが、上流ほど大きくなる傾向がある。
- ・ N 値は大半は50または60以上を示し、構造物や建物の支持地盤に適する。

豊平川河川敷に分布する玉石混じり砂礫

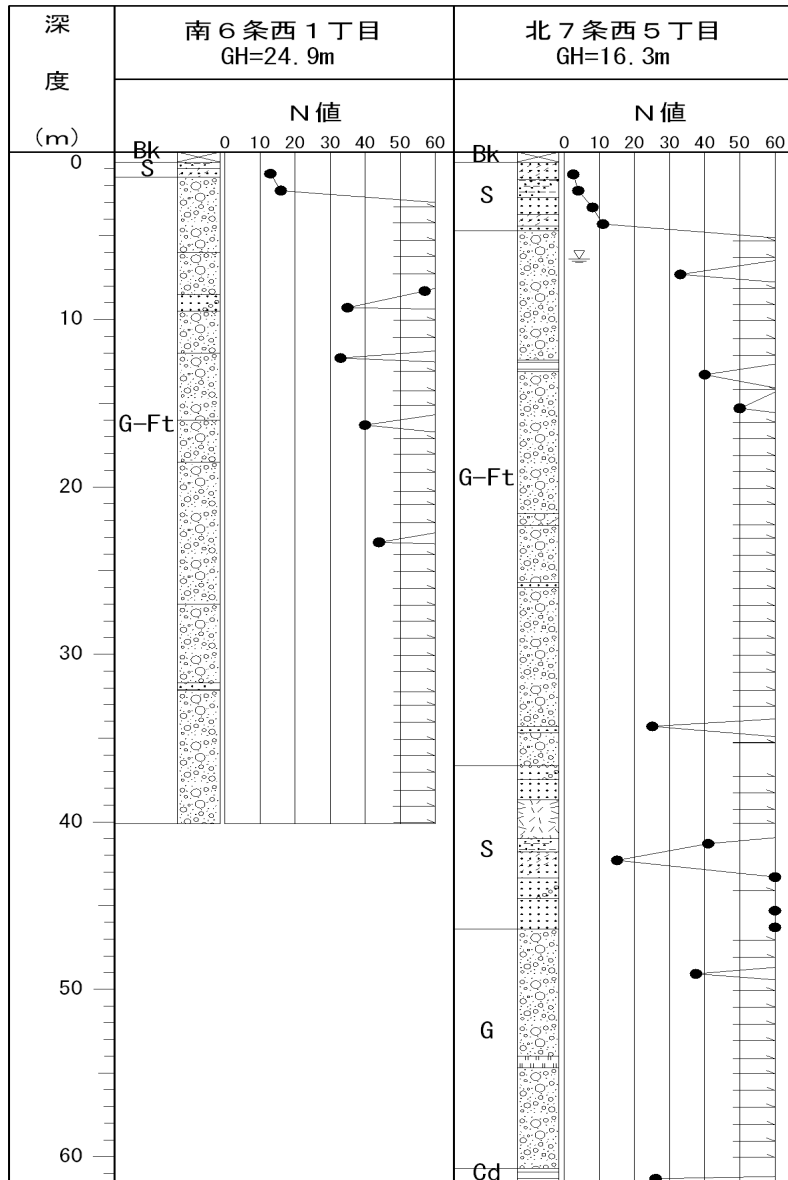


G-Ftの分布(南北方向)

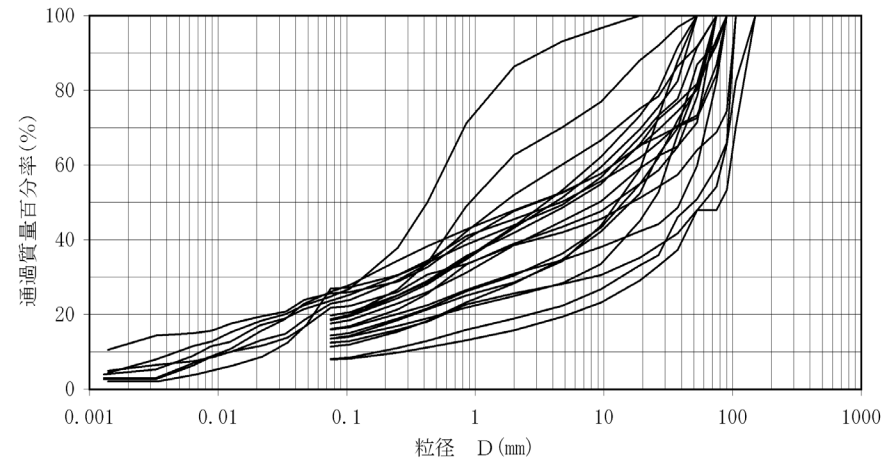


- ・G-Ft層の砂礫層は南区真駒内付近からJR札幌駅付近までは地表部に露出するが以北では深部に埋没し、層厚を減じながら篠路太平付近までは連続が確認される。
- ・市内中心部以南の豊平川扇状地に相当する砂礫層の層厚として50m前後を区分しているが、未区分を含めると砂礫層の最大層厚は100m以上と推定される。

工学的性質



G-Ft層の調査例



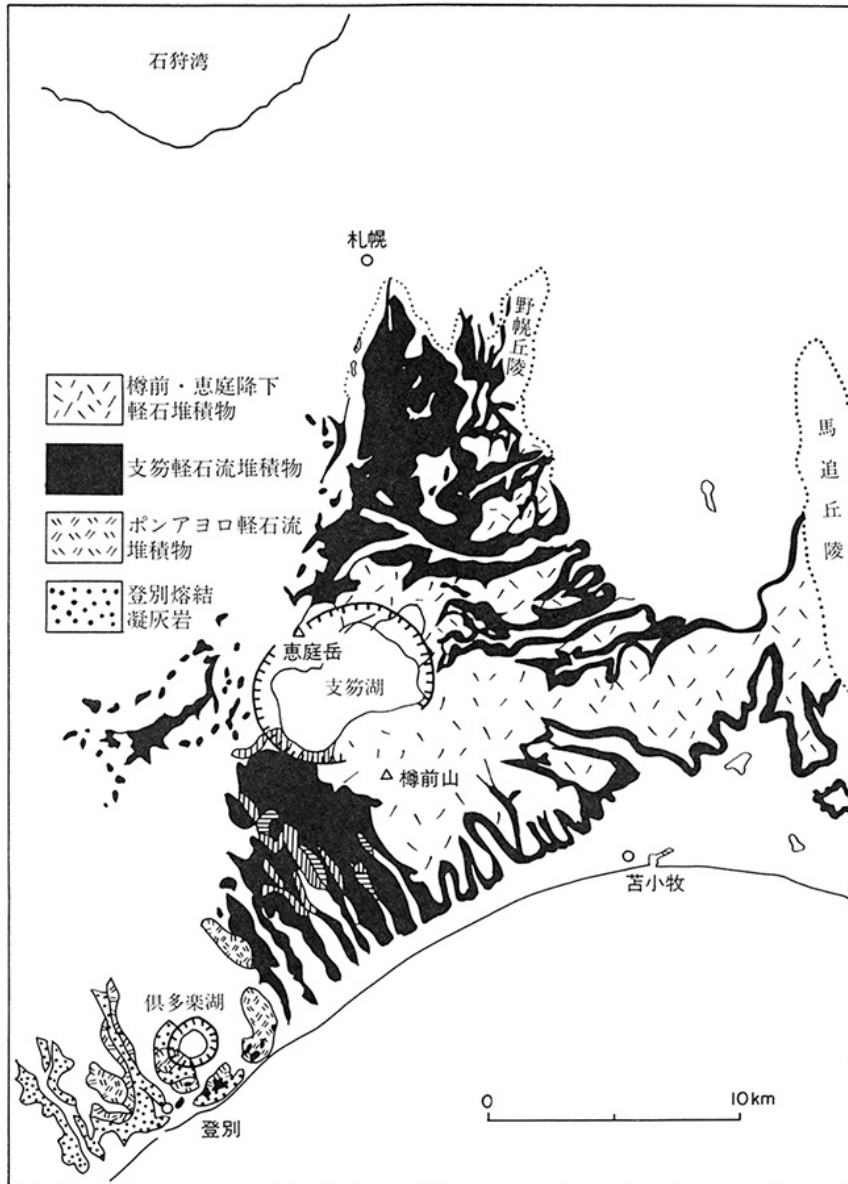
粘土	シルト	細砂	中砂	粗砂	細礫	中礫	粗礫	粗石	巨石
細粒分			粗粒分				石分		

G-Ftの粒度分布例

- ・ G-Ft層を構成している主要な土質は、粒度試験結果でも玉石混じり砂礫であることが確認できるが、粘性土や砂質土の薄層を挟在していることも示される。
- ・ N値は大半が50または60以上を示すが、深度20m付近までにN=30~40を示す部分も確認できる。N値が50以上を示す部分は玉石や礫に当たって過大となっている可能性があるため、載荷試験結果等との比較を行って締め具合を評価することが必要である。

支笏軽石流堆積物 (V)

- ・札幌周辺に分布する火山灰は現在の支笏湖を噴出源とする支笏軽石流堆積物(V)である。今から4~4.5万年前に活動した支笏火山（現在の支笏湖）から噴出した火山碎屑物である。
- ・この火山灰は、堆積時の高温と圧力のため火山灰粒子が膠結する溶結作用を受けていることが特徴の1つである。清田区や南区他で露頭が確認される。

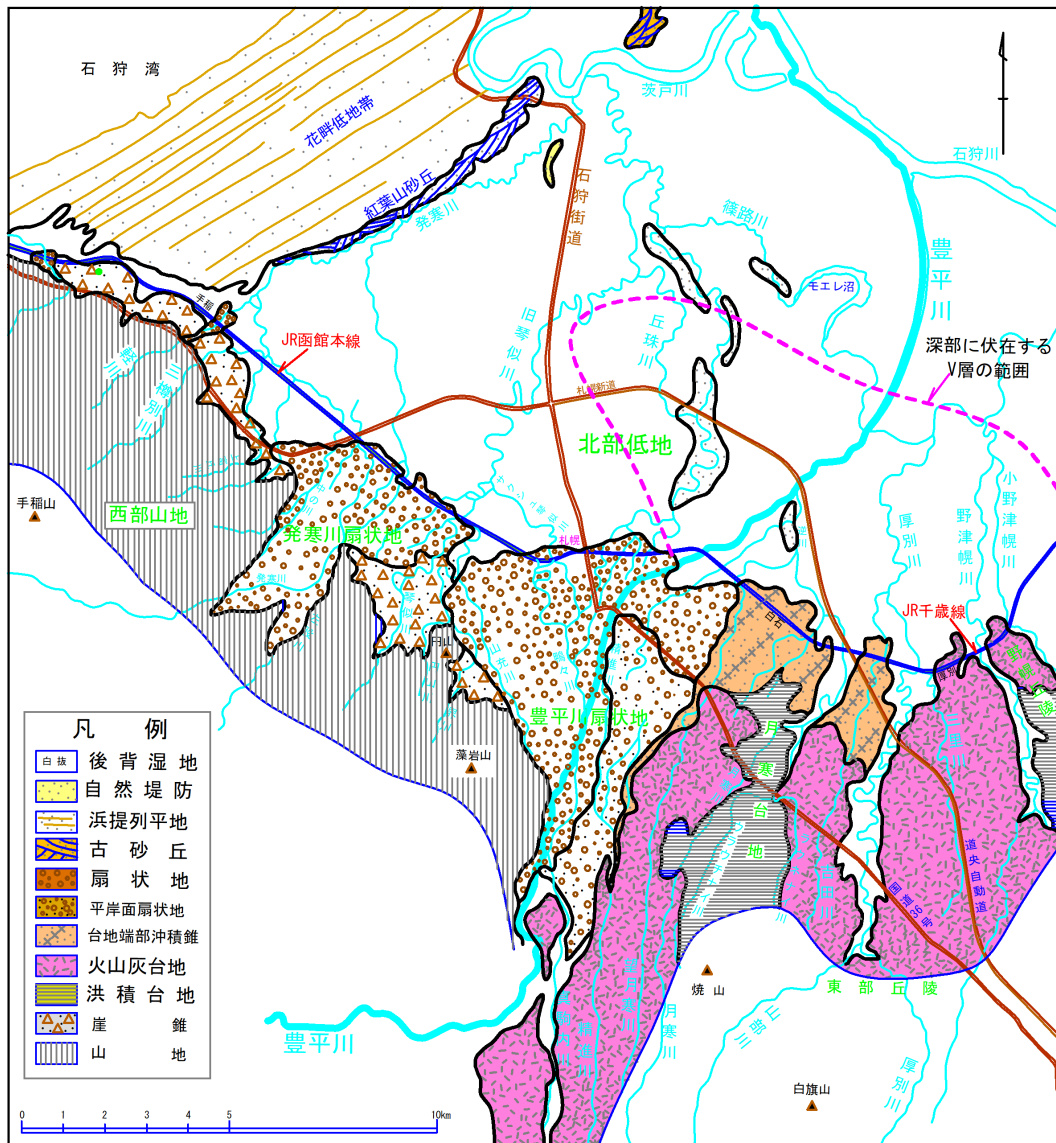


V層の分布(黒塗色部)



石山緑地のV層 (南区)

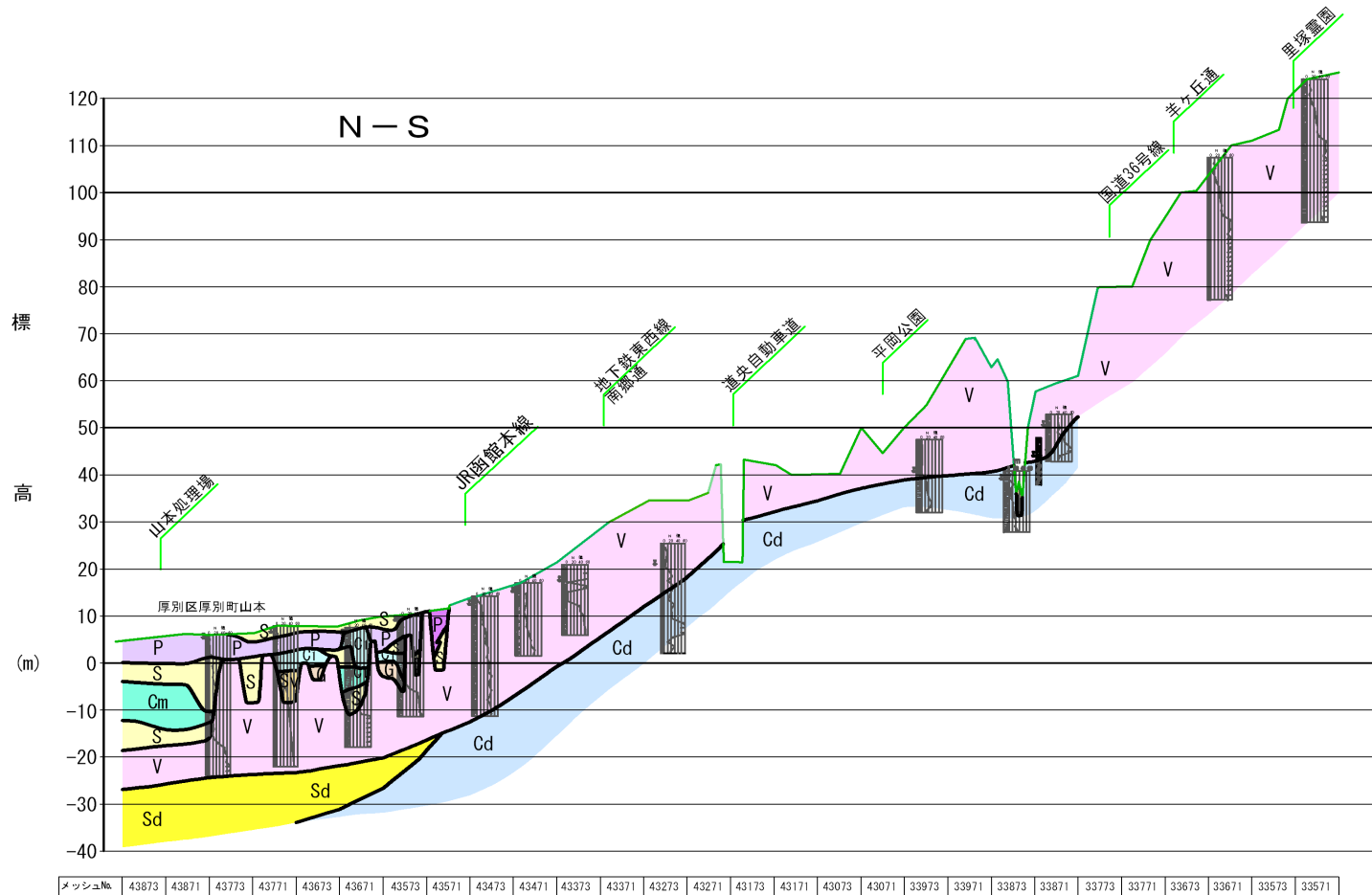
支笏軽石流堆積物 (V)



- ・地表で確認できるのは厚別区、清田区、豊平区、南区等であり、JR千歳線より南側、真駒内川の東側に発達する「東部丘陵」を構成する。

V層の分布(ピンク塗色部)

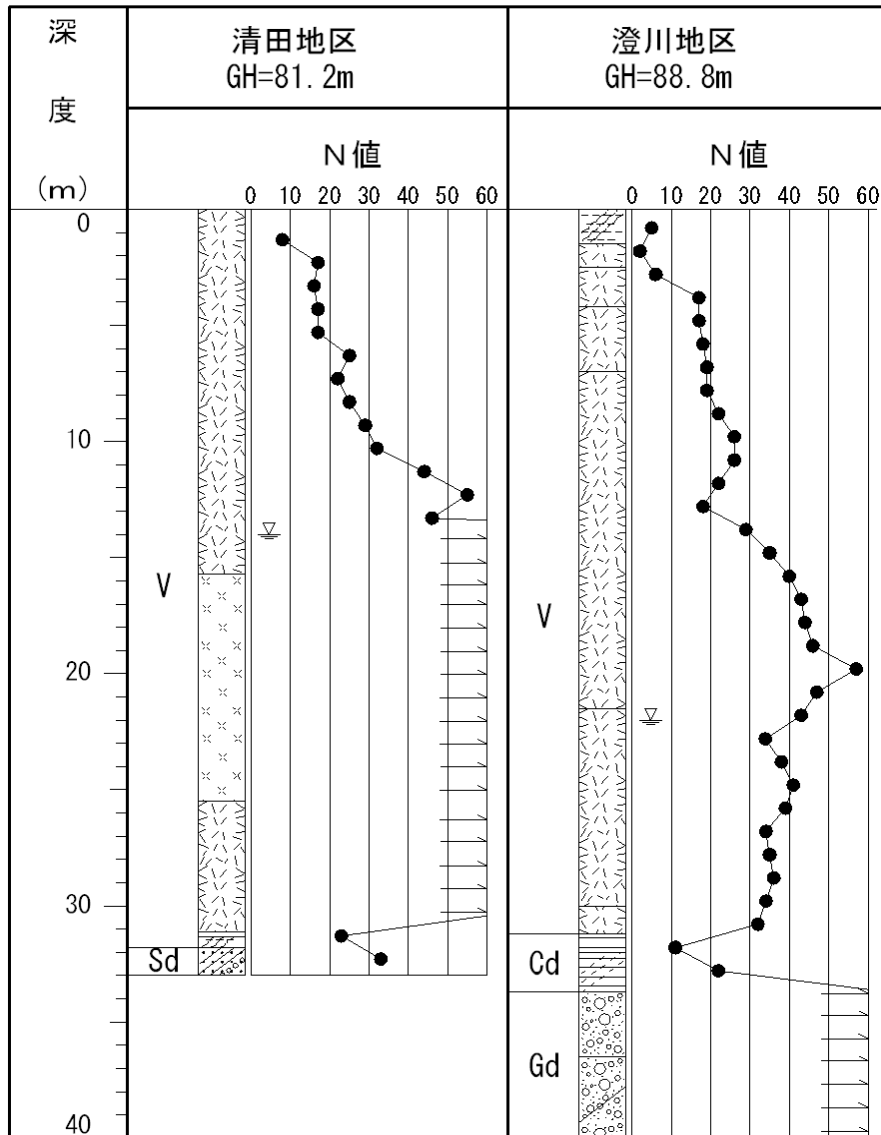
支笏軽石流堆積物(V)の分布



支笏軽石流堆積物(V)の分布 (南北断面)

- ・ 厚別区，清田区，豊平区，南区で露出している箇所の堆積層厚は20～30mに及ぶ。
- ・ JR線以北では上部が侵食され、低地の堆積物に覆われて深部に伏在し、層厚は大半が10m以下となる。分布は少なくともJR太平駅～百合が原公園～さっぽろサトランド付近までは確認できる。

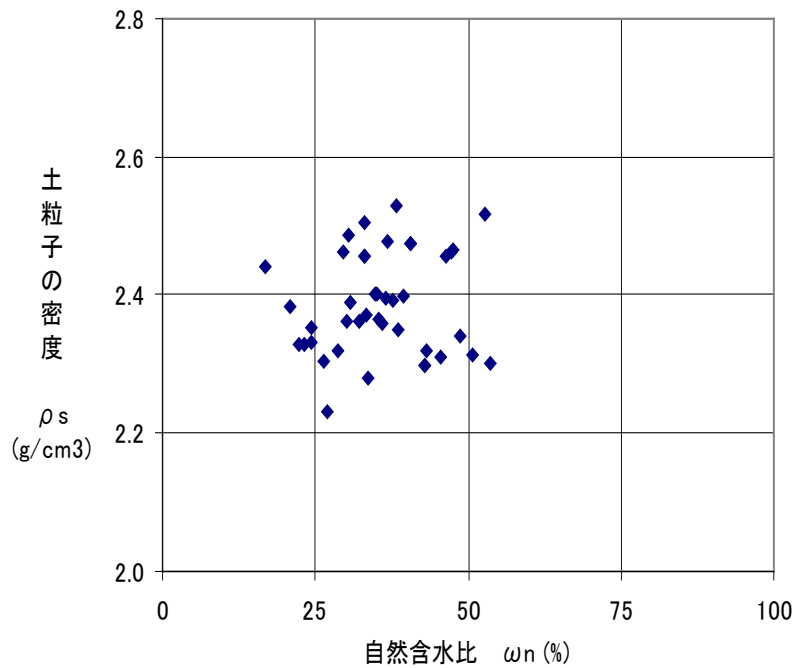
工学的性質



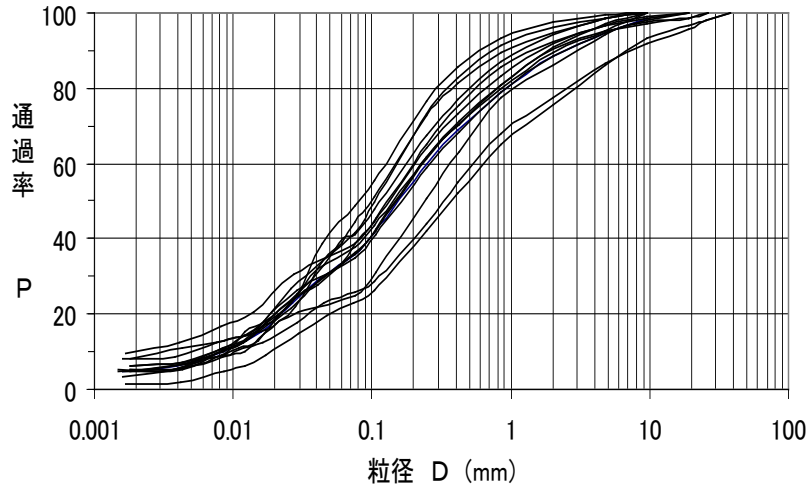
ボーリング調査例

- ・ 軽石流堆積物は溶結作用を受けているが早く冷やされる表層部や最下部を除くと、 $N > 30$ となることが多い。
- ・ 特に中心部は $N > 50$ の溶結凝灰岩となっていることが多い。この溶結凝灰岩は「札幌軟石」と呼ばれ建物等の石材として利用されてきた。
- ・ 表層部は $N \approx 5$ と締まり具合が緩いが、乱さない状態の火山灰は流理構造があり、ガラス質物質が連続した塊状のものであるとされている。このため同じ N 値を示す砂質土よりも強度が大きいことが特徴の1つである。
- ・ 地山の火山灰が浸食・運搬・堆積した2次堆積物の火山灰は原堆積の火山灰とは異なり溶結力が解除され、粒度配合は似ているものの、工学的な性質は大きく異なり一般的な砂質土と同様の性質となる。

工学的性質



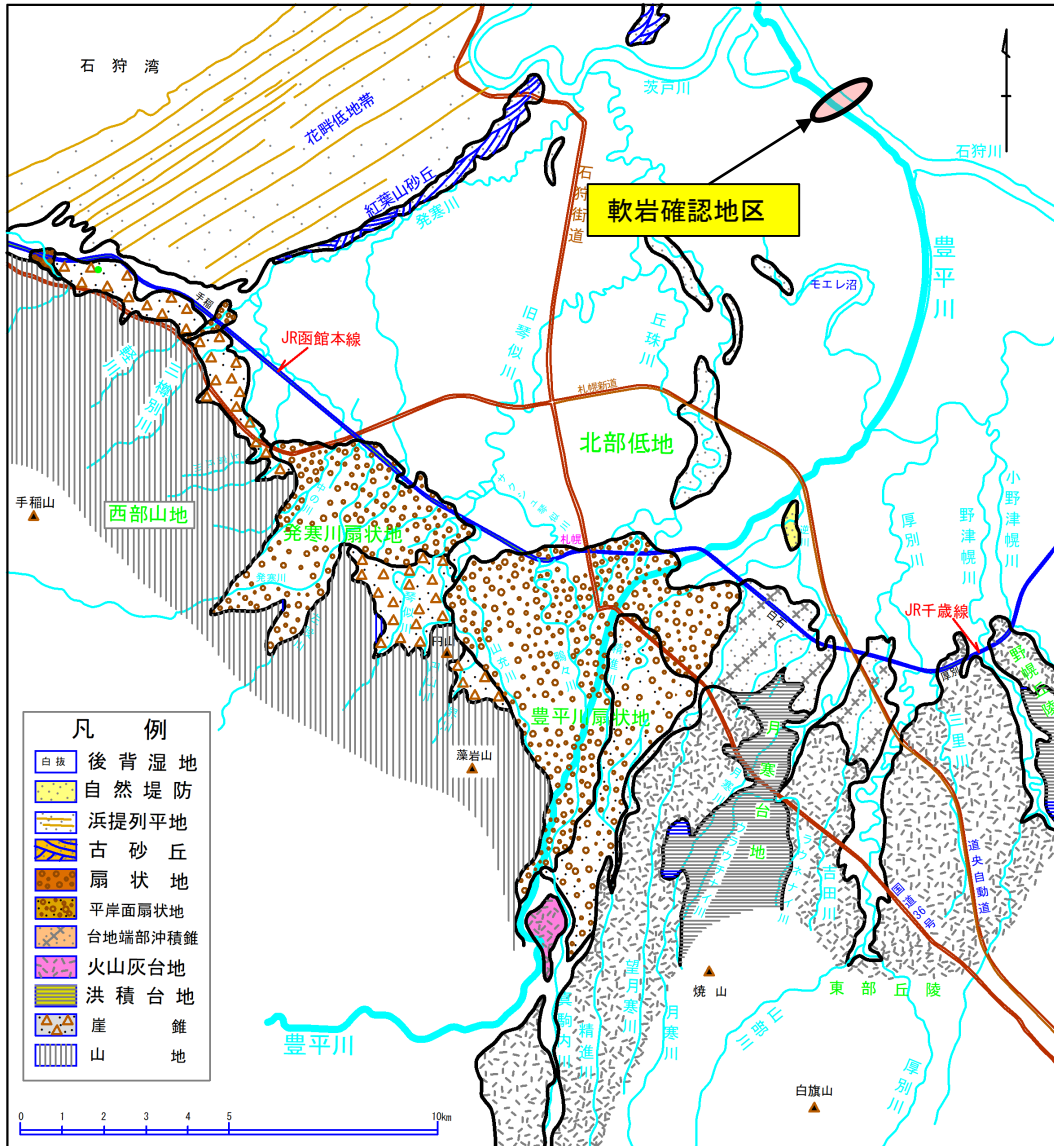
土粒子の密度と含水比の関係



V層の粒度分布

- ・土粒子の密度は $\rho_s = 2.2 \sim 2.5 \text{ g/cm}^3$ となり一般的な砂質土よりも小さな値となる。自然含水比の範囲は $\omega_n = 20 \sim 60\%$ と高く、多孔質で保水性の高い軽石や火山灰の特徴を示す。
- ・ときほぐされて火山灰状を呈した粒度分布は、場所による違いが少ない。細粒分含有率は20~40%、礫分含有率は10~20%の範囲にあり、粒度配合が良く、締固め特性に優れることから道央地区では盛土材として多用されている。

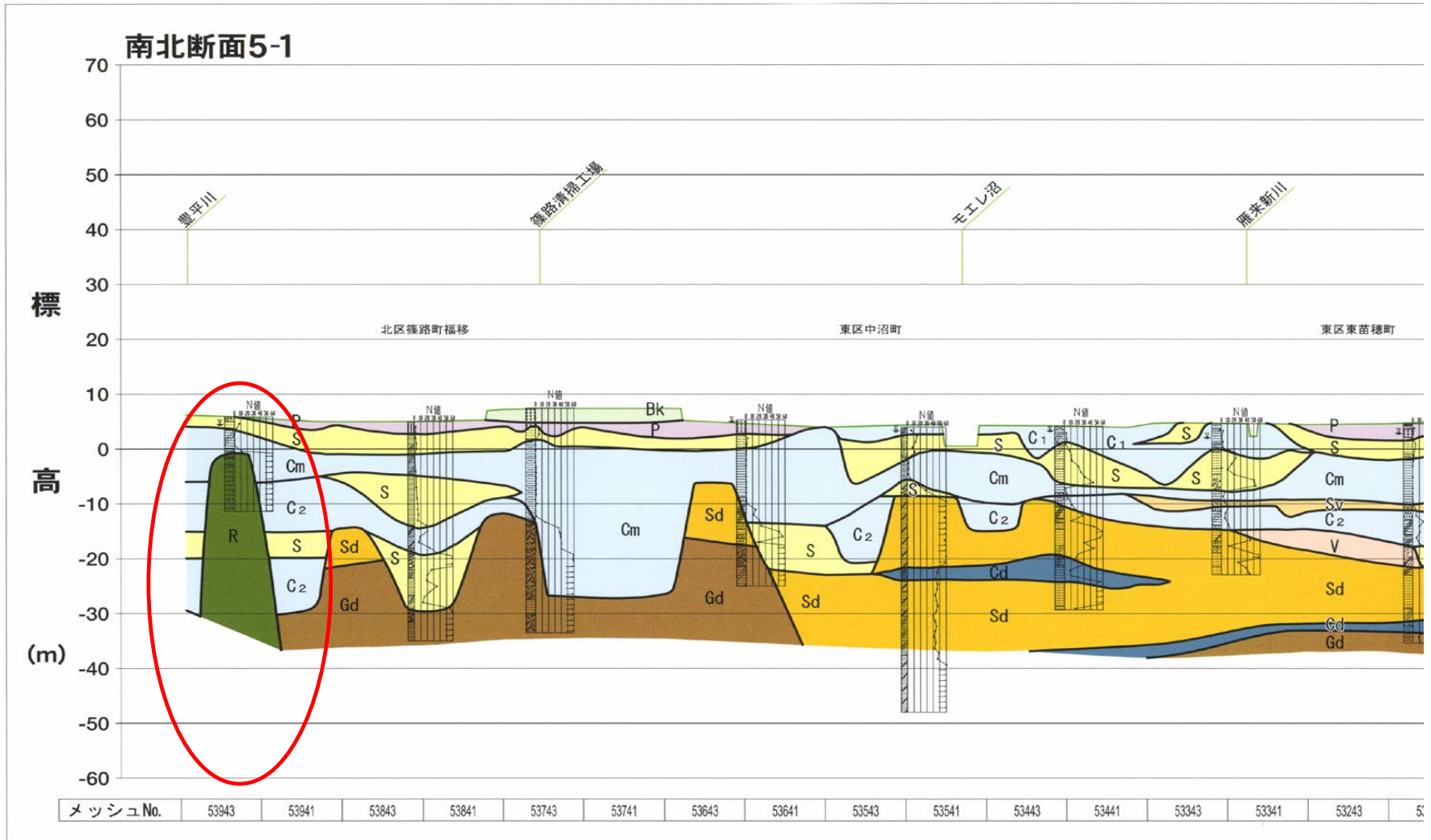
篠路地区の軟岩 (R)



軟岩の分布

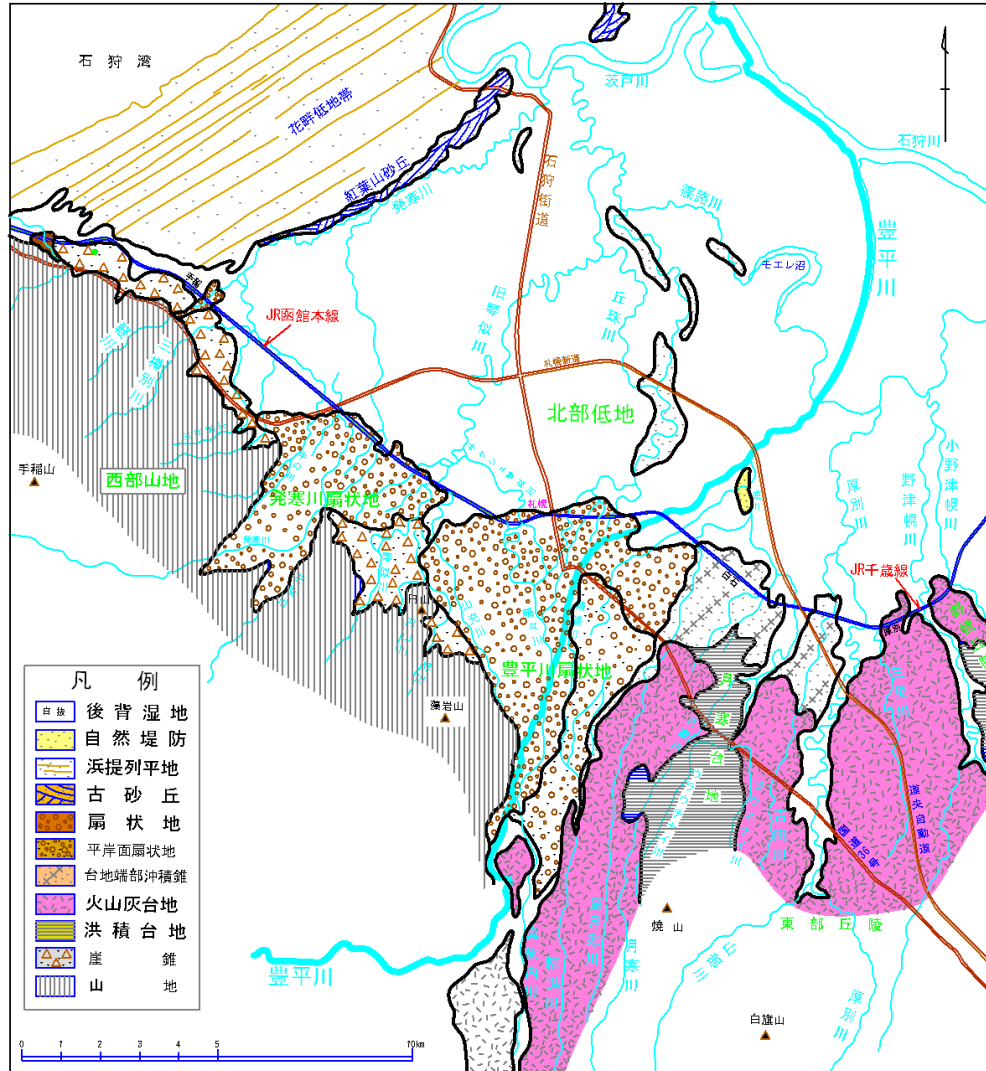
- ・ 北区篠路町福移と、あいの里地区の境界部において深度5～7mと浅い深度に軟岩を確認している。
- ・ 岩質は、粗粒砂岩の薄層を挟在するものの、主体はシルト岩と砂岩の互層である。
- ・ N 値は60以上で、ボーリングでは長さ5～10cmの短柱状コアまたは砂状に碎けて採取される。

軟岩 (R) の分布



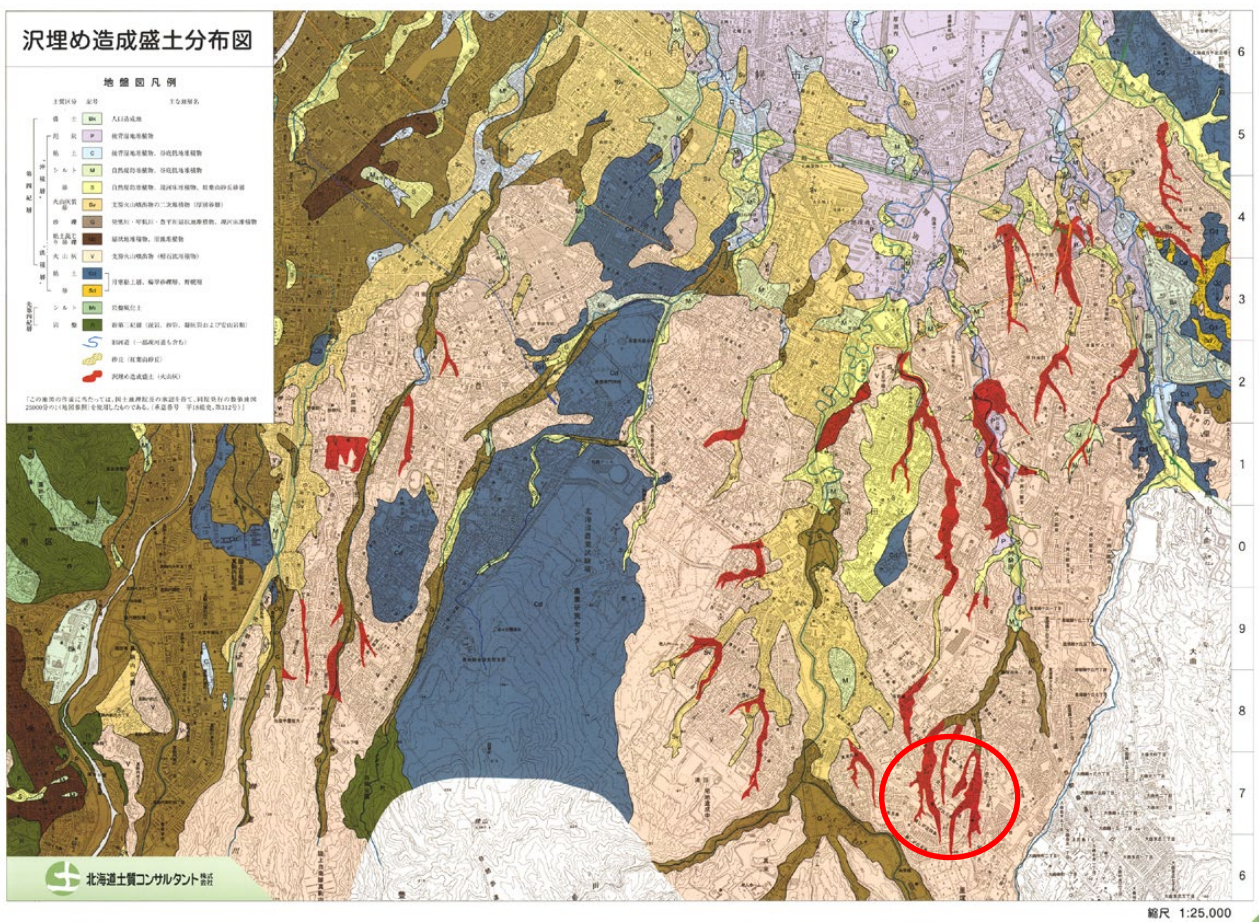
- ・外崎ら(1989)は、深度7~18mまでが新第三紀の材木沢層であると報告している。
- ・なお、当地区は以前は「釜谷臼」地区と呼ばれていた。アイヌ語の「カマヤ・ウシ」が語源で、意味は「平たい岩のあるところ」である。現在は、岩盤の露頭は見られないが、以前には川床部に岩盤が露出していたと思われる。

火山灰による沢埋め造成盛土(Bk層)



- ・東部丘陵の火山灰分布地域は、昭和40年代から都市開発が活発化し切土・盛土による造成によって沢の大半は、周辺に分布する火山灰で埋め戻された。
- ・2003年に発生した十勝沖地震では札幌市清田区美しが丘地区で住宅や道路、上下水道等に液状化等による被害が発生したが、発生場所は沢地形を火山灰で埋め戻した場所であることが報告された。
- ・この報告から、同様な沢埋め造成盛土の分布を調べ、札幌地盤図で公表した。

沢埋め造成盛土(R)の分布範囲



沢埋め造成盛土の分布の把握は、札幌市が所有する古い現況図（1965年版と1969年版）及び空中写真を判読して沢地形の形状を特定し、現在の造成面の高さから範囲を想定した。その範囲を2m深図に赤色で塗色して示した。

2018年9月に発生した「胆振東部地震」では、札幌市清田区里塚地区などで液状化による被害が発生したが、発生場所はまさに沢埋め造成盛土部であった。

むすび

- ①札幌市の地形とこれを構成する堆積物の分布などを概観したが、複雑な地形をさまざまな堆積物が構成していることが解る。
- ②特に北部低地には、泥炭や海成粘土などの軟弱土層が厚く堆積することから防災上は特に注意しなければならない地域と考えている。
- ③今回は、札幌地盤図作成における成果の一部を報告した。これらの結果が地盤調査や解析、設計の一助になれば幸いである。

ご静聴、ありがとうございました。