

地耐力からみた札幌市の水平的都市化過程

THE PROCESSES OF THE HORIZONTAL URBANIZATION OF SAPPORO STREET FROM A VIEW POINT OF THE SOIL BEARING CAPACITY

横平 弘*

By Hiroshi YOKOHIRA

There has been six soil bearing capacity [=s. b. c.] of the earth in Sapporo City : A, B, C, D, E, F in good order of the earth.

(1) The previous term : —Sapporo City located on better earth of B, it developed on the earth of B and neighbor D.

(2) The middle term : —component of B decreased rapidly, and D, E, F increased instead of B.

(3) The latter term : —components of E, F more increased, components of C, A appeared in each 2%. First and secondary s. b. c. had been B, D from the previous to this term.

(4) The recent term : —component of E especially increased. First and secondary s. b. c. dumped rank down to each D, E, and the dominant s. b. c. of urbanizing trend was E, F.

Keywords : process of urbanization, soil bearing capacity, city ground, land use

1. 緒 言

木内信蔵, ほか (1964)¹⁾は「都市化とは, 集落または地域において, 都市的要素が漸次拡大する過程である」と規定した。また, 「郊外の都市化現象は平面的・分散的都市化の形態を示す」と述べているが, この現象をここでは「水平的都市化」と呼称する。

現在, 多くの都市が郊外へ向けての水平的発展とともに, 都心部および近郊における上・下方への高層化・深層化による垂直的発展が顕著となる趨勢にあつて, 都市化と地盤とのかかわりはきわめて密接となつてきている。

これまで, 都市化や都市化過程の研究においては, 地上の都市景観や都市的諸現象を対象として, その変遷過程を論ずる手法がとられ, 地下の地盤や地耐力からはあまり注目されなかった。

本研究では, 従来の都市化が地盤の良否とどのように関連しているかを解明するために, まず都市化の舞台である都市地盤と水平的都市化過程との関連性を地耐力の側面からとらえるべく, 札幌市を事例として試みた。

2. 都市化過程と地耐力との関連

(1) 都市化過程研究における地耐力の意義

都市化過程は多くの分野で研究されており, たとえば都市開発の立場からは田中滋夫 (1989)²⁾は, 仙台都市圏の市街地形成過程について地形条件 (丘陵・台地・平野) を調査し, その過程における土地利用の性向, 選択性を明らかにした。しかし, この地形条件は工学的に評価し得る地盤として位置づけられていないため, 都市化過程と都市地盤の良否との関連性の把握に明確さを欠くそしりがあった。

本研究ではこの点を明確にするために, 工学的に評価された地耐力に基づく地盤条件を用いて, 都市化過程を分析するものである。

(2) 都市化の要因としての地耐力

都市化あるいは宅地化を説明する要因として, 地形・水系・土 (地) 質・地耐力などの自然的条件と, 人口・建造物・土地利用 (計画)・資源利用・交通・地価などの社会的条件が考えられる。

これらの要因のうち地耐力は, 地点ごとの地盤状況について, おおよそながら標準貫入試験の N 値による数値換算表示が可能であり³⁾, これを他の自然的要因との併用により, 面的に拡大表示することも可能なため⁴⁾,

* 正会員 道都大学教授 教員養成教室
(〒094 紋別市落石町7-1)

表一 沖積低地の地形区分と土質ならびに地盤条件

地 形	地表面こう配	地形特徴	土 質	地盤条件	
				N 値	良 否
扇 状 地	1/1000 以上	同心円状等高線，網状流，伏流	粗大なれき	30以上	優 良
自然堤防	1/1000 ~0.2/1000	等高線の帯状突出，部落；島の帯状配列	砂質土	10~20	やや良好
後背湿地	0.5/1000 以下	同上間の低平な水田	粘土・シルト，細砂，ピート	10以下	やや不良
三角州	0.2/1000 以下	静かな内湾の河口	粗砂，粘土の厚い沖積層	10~4以下	不 良
土砂供給の多い河川沿岸	1/1000 以上	ほぼ平行した等高線，網状流	砂れき	20以上	良 好
小おぼれ谷	0.2/1000 以下	流量の少ない小谷の水田	粘土，シルト，ピート	4 以下	極不良
海岸砂州		海岸に平行した帯状の高まり	砂，砂れき	15以上	良 好
潟湖跡	0.2/1000 以下	砂州背後の水田地	粘土，シルト，ピート，細砂	4 以下	不 良

出典：土質工学会編(1966)「土質工学ハンドブック」

表二 洪積台地の土質ならびに地盤条件

土 質	地盤条件	
	N 値	良 否
岩層質	40以上	極優良
礫質	30以上	優良
砂質	20~30	良好
粘土質	5~20	やや良好
軽石・凝灰質	3~8	やや不良

出典：(池田俊雄：地盤と構造物 <1975> に基づき作成)

表三 地形・土質・地盤条件による地耐力分類

地 形	土 (岩) 質	地 盤 条 件		地耐力
		N 値	良 否	
岩層質丘陵	礫岩、砂岩、泥岩	40以上	極優良	A
礫質段丘扇状地	礫、砂粗大礫	30以上 30以上	優・良	B
砂質段丘土砂供給の多い河川沿岸海岸砂州	砂 砂礫 砂礫、砂	20~30以上	良 好	C
		20以上 15以上		
シルト・粘土質段丘自然堤防氾濫原	シルト、粘土砂質土細砂、シルト、粘土	5~20 10~20 15以下	やや良好	D
凝灰質段丘後背湿地埋立地	火山灰、火山砂、軽石細砂、シルト、粘土、泥炭細砂、シルト、粘土	3~8 10以下 10以下	やや不良	E
泥炭湿地三角州	細砂、シルト、粘土、泥炭細砂、粘土の厚い軟弱層	10~4 以下 10~4 以下	不 良	F
小おぼれ谷高沼跡	シルト、粘土、泥炭細砂、シルト、粘土、泥炭	4 以下 4 以下	極不良	G

地耐力を用いることによって自然的側面から，工学的に都市化過程を明確にし得ると考えられる。

この N 値は，一般に重量構造物を建設する場合に考慮されるが，宅地化の大部分を占める個人住宅の建設にあたっては，通常その基礎部分の土質や，周囲の地形的特徴などからその立地が決定される⁵⁾。しかし，これらはほぼ一定の地盤条件をもち⁶⁾，これが N 値に対応することから，地下数 m までの浅層部地盤の平均的な N 値の大小が，住宅などの立地説明にも有力な要因となる。

なお，地耐力と密接に関係している地形条件が，都市化と関連性をもつことが，上記の田中 (1980) によって示されたことから，本研究では地耐力と都市化との間にも関連性があるものと類推して，都市化過程の性向などを分析する。また，他の要因と都市化との相互関連については別稿で言及したい。

3. 都市の地盤と地耐力

(1) 地盤と地耐力との関連

都市地盤と地耐力に関しては，地形・土質との相関から沖積低地の地盤条件を求めた土質工学会 (1966)⁷⁾ の分類があり (表一)，池田俊雄 (1975)⁸⁾ は洪積台地について言及した (表二)。

これらの資料をもとにして，日本の都市地盤を地形・土 (岩) 質とも関連づけて，表一に示すとおり 7 段階の地盤条件 (N 値) に区分し，これらに対応する地耐力を N 値の高位順に A~G の記号を付した。以後，地耐力についてはこの記号で表示する。

(2) 都市の地耐力構成図

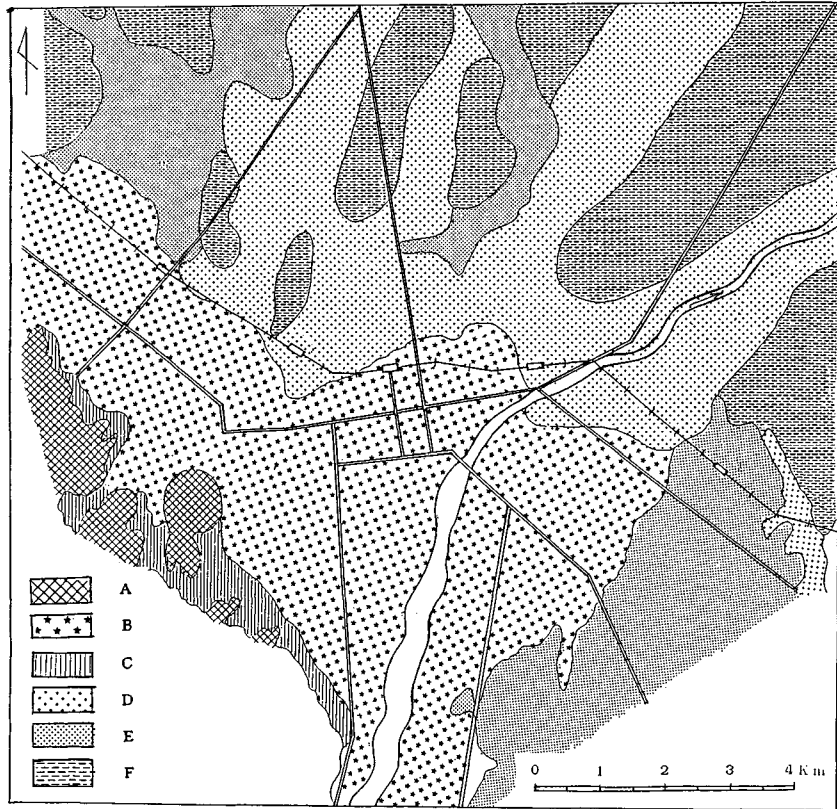
上述の地耐力区分に基づき，地下資源調査所発行の「1/5 万地質図幅」⁹⁾ を基図として「地耐力構成図」を作成し，都市化過程との関連をみるための基礎資料とした (図一)。

4. 都市化過程の図化

(1) 都市化過程の地図表現

都市の市街地部分の平面形態は，国土地理院発行の新・旧版 1/5 万地形図幅で把握される。

同院では明治以降，全国的に同地形図幅の作製を継続



図一 札幌市の地耐力構成図

しており、都市部においては市街地の急速に拡大発展した時期を追って再測量および地図資料の再編集により、地形図幅の改訂を行っている。

このようにして刊行された新・旧版地形図幅「札幌」¹⁰⁾について、市街地部分の外郭の変遷状況を地形図幅の測量年記順にたどり、これを1枚の地図に重ねることによって都市の拡大変遷過程が図化され、この手順により「都市化過程図」が得られた(図-2)。同図では、西方および南東方の両端部は省略した。

(2) 都市化過程の時期設定

都市化過程における時期設定については、都市化の進行による市街地の拡大発展後、間もない時期の再測時点が地形図幅の測量年記となるため、都市の発達史上の時期区分とは若干、年代のずれはあっても便宜上、この測量年記をもって、都市化過程における札幌市独自の各時期を設定した。

しかし、他都市との比較上、共通の時期区分が必要なことから、北海道内主要7都市の旧版地形図において、測量年記の度数の高い1911(明治44)年、1950(昭和25)年、1970(昭和45)年を境に、また都市化の開始を便宜上1868(明治1)年とし、都市化過程における共通

の時期として前期(1868~1911年)、中期(1912~1950年)、後期(1951~1970年)、新时期(1971~1980年)を設定した。

(3) 都市化過程と地耐力の複合図化表現

上述の「都市化過程図」に「地耐力構成図」を重ねることによって、都市化区域の地耐力構成の推移が読み取られ、また都市化過程を地耐力の側面からうかがうことができる¹⁰⁾。

次に都市化過程における地耐力構成の変遷状況を比較するために、「地耐力別都市化過程図」を作成し、図-3に示した。同図では札幌市独自の各時期(第①~⑦期)の各期首を記号①~⑦と縦線で示した。

同図における札幌市独自の各時期の都市化の認定にあたっては、各地形図幅で判読されるのは都市化の結果のみであり、その開始年代は不詳であるため、第①期構成の地耐力のみは同期の当初から期末まで継続的に都市化したものとみなし、第②期以降に新たに、または再度断続的に構成された地耐力の開始該当期については、その後半期間のみ都市化したものとみなした。

次に都市化過程における各種地耐力の構成状況の推移を、時期ごとに構成率のウェイトをもたせて知るために、

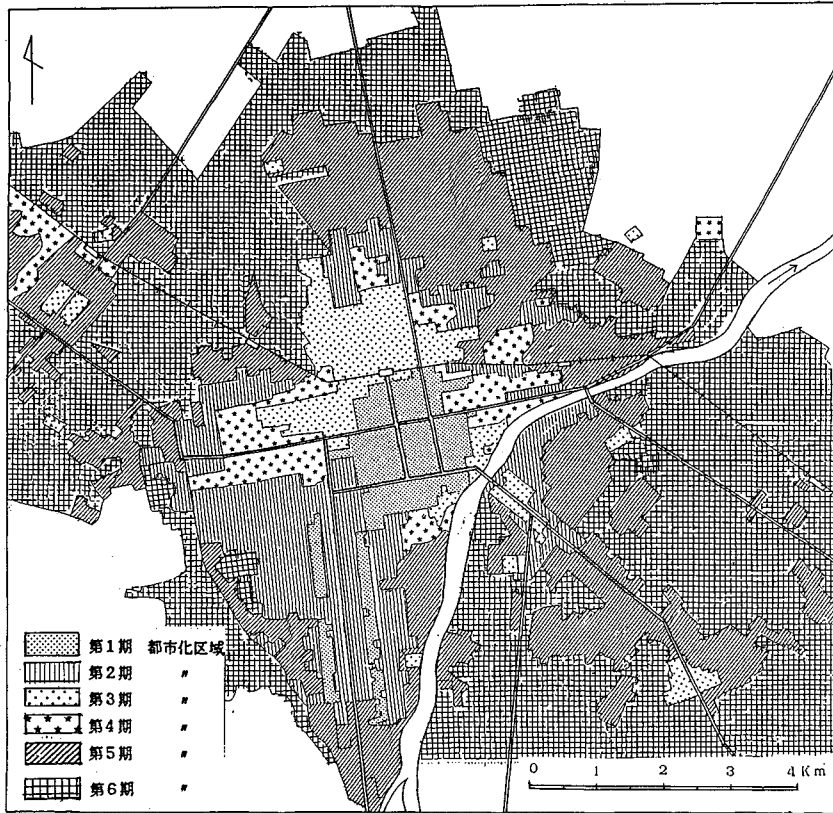


図-2 札幌市の都市化過程図

時期	前 期		中 期			後 期		新 期		
年代	1888 (明 1)	1880 (明 13)	1900 (明 33)	1911 (明 44)	1920 (大 9)	1940 (昭 15)	1950 (昭 25)	1960 (昭 35)	1970 (昭 45)	1980 (昭 55)
地耐力	①		②		③		④		⑤	
A	-----		-----		-----		-----		-----	
B	-----		-----		-----		-----		-----	
C	-----		-----		-----		-----		-----	
D	-----		-----		-----		-----		-----	
E	-----		-----		-----		-----		-----	
F	-----		-----		-----		-----		-----	

図-3 地耐力別都市化過程図 (○内の数字：札幌市独自の時期)

各時期の各種地耐力の地盤構成面積に期間内経過年数を乗じて、その構成比を求めた結果が表-4であり、これをさらにグラフ化したものが図-4である。表-4では構成比10%以上のものに下線を付した。また、構成比上位の地耐力の推移をみるために時期ごとに構成比1, 2位のをそれぞれ主地耐力・副地耐力と称して○で囲み、これを全期にわたって直線および点線で結んで主地耐力線、副地耐力線とした。

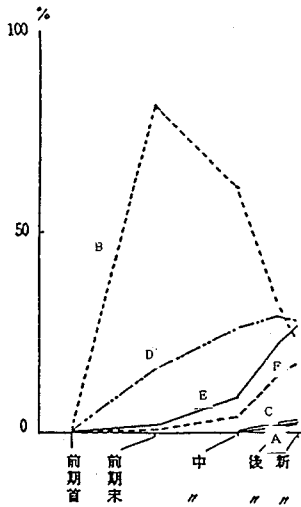
さらに、表-4で構成比25%以上を占めるものを時期ごとに抜き出して、その推移を示したものが表-5である。

このほか、表-4の構成比を地耐力ごとに直前期と比

表-4 地耐力構成比の推移

< 札幌 >				
	前	中	後	新
A			1	2
B	⑧1	⑧1	③2	23
C			2	3
D	①6	②6	②9	②8
E	2	9	22	②7
F	1	4	14	17

較して、その増減状況を示したものが表-6である。



図—4 地耐力構成比の推移図

表—5 主要地耐力構成比の推移 (構成比 25% 以上)

時期 (期末)	前	中	後	新
地耐力	B	B D	B D	D E

表—6 地耐力構成比の増減 (対直前期比)

時期 (期末) 地耐力	中	後	新	計
A		+1	+1	+2
B	-20	-29	-9	-58
C		+2	+1	+3
D	+10	+3	-1	+12
E	+7	+13	+5	+25
F	+3	+10	+3	+16

5. 都市化過程における地耐力構成比の変遷状況

(1) 地耐力構成比変遷の趨勢

図—1, 2, 4 と表—4 から知られる地耐力構成比の都市化過程における変遷の趨勢は次のとおりである。

① 都市化に著しくかかわったとみられる地耐力は、B・D・E・F であり、これらに比較して C・A は小率である。

② 主・副地耐力は前～後期では B・D で経過したが、新期ではいずれもランク・ダウンして、それぞれ D・E に変わった。

③ B は前～後期間に急減し、新期では非主・副地耐

力となって、構成のウェイトは低下した。

④ D は前～後期間に漸増し、新期では主地耐力となって構成のウェイトを高めた。

⑤ E は中～後期間にやや急増して、まだ非主・副地耐力であったが、新期に副地耐力となって、構成のウェイトを高めた。

⑥ F は中～新期間に漸増して、非主・副地耐力で推移し、E に比べて都市化の趨勢は弱い。

(2) 地耐力の需給関係

表—4 から構成比 10% 以上で示される概略の地耐力構成は次のとおりである。

① 前～中期では B・D 2 地耐力であったが、後～新期では E・F が加わって倍増し多様化した。これを地盤としての地耐力の需給関係で考えると、都市化の急速化により、B・D が供給不足となり、これを E・F が補完したといえよう。

次に表—6 に示した対前期比の地耐力構成比の増減から知られる、地耐力の需給関係は次のとおりである。

② B は中期以降一貫して著しく減少 (供給不足) し、これを中～後期には主に D・E・F が補完したが、新期には D も減少となり、残る E・F がその補完の主力となった。

③ 増減の全期間 (中～新期) を通してみると、同表の計欄のとおり、B の減少分を主に E・F・D の 3 者で補完しており、特にその半数近くを占める E の増大が目される。

④ 新期の地耐力構成比の増減がすべて 1 桁台になっていることから、都市化区域に分布する全地耐力種に都市化が進行して、その構成比が直前期に比較してすべて大差なく増減していることが知られ、この時期から地耐力の無差別的な都市化の段階に至ったといえる。

(3) 主要地耐力構成比の推移

表—5 の主要地耐力構成比の推移をみると、前期で単独主要構成の B は中～後期の変化によって、新期には非主要構成となり、これに代わって D・E が主要構成となった。

6. 地耐力からみた都市化過程の概要

(1) 前期

① 計画都市・札幌は優良地耐力 B の地盤が広く分布する地域に立地し、これに隣接する D 地域とを主体にして発達した。

② C・A はやや周縁部に偏在し、分布も狭いため、後期まで都市化しなかった。

(2) 中期

① B が大幅な供給不足となり、これを近縁部の D・E・F が補完して、後者の構成比が増加した。

(3) 後 期

① 中期に引き続くBの供給不足により、E・Fの構成比がさらに増大した。

② C・Aもこれを補完したが、いずれも2%以内にとどまった。

③ その結果、地耐力構成は〔前～中期：4種類〕→〔後期：6種類〕と多様化した。主・副地耐力はB・Dのまま変わらなかった。

(4) 新 期

① 主・副地耐力はそれぞれD・Eにランク・ダウンしたが、両者はほぼ同値となって主・副の差が解消した。

② 表一6から知られるとおり、中期以降の都市化指向の最も優勢な地耐力はEであり、Fがこれに次いでいることから、都市化過程における新たな都市化区域の平均的な地耐力は著しく低下の傾向を示しており、これにより近年の軟弱地盤災害の大きな要因がうかがわれる。

7. 結 言

(1) 札幌市の都市化にかかわる地耐力は6種類であるが、構成比の小さいA・Cを除くとB・D・E・Fの4種類であり、さらに都心部一帯は主にBで占有された健全地盤である。

(2) 前～後期間は、自然の都市地盤として最も安定なB地耐力の都市化が顕著であるが、新时期にはD・Eに代わった。

(3) 時期の経過につれて、より良好な地耐力地盤の供給不足を補完すべく、Bの近～周縁部に広く分布するD・E・Fに順次構成比を高め、地耐力の安定度の高い順に選択的に都市化が進行した。

(4) 中期以降、Bの供給不足が顕著であり、その補完傾向ではEが最も強力であった。

(5) 後期では、都市化の急速化によるB・D・Eの供給不足に対する補完は、Fを抑制してC・Aに求められており、地耐力低下の緩速化がうかがわれる。

(6) 当市の都市化の過程（進行）においては、前～後期の状況からC・Aはほぼ同程度で、Eに次ぐもの

と評価し得る。

特にAはBに隣接しながら都市化が遅れた要因として、①多くが急傾斜地のうえ、地盤堅硬で、地形・地質的に難点があり、道路・建築物などの築造・維持・管理面で不利であった。②景観・風致上から、都市化が規制された区域が多かったこと、などが挙げられる。

(7) 新时期における地耐力構成比の増減は1桁台のみの低下にとどまったことから、後期までの地耐力の選択的都市化から無差別的都市化への移行が察知され、したがって今後は全般的な地耐力低下の加速化が予測される。

(8) 同様の手法で、当市と地耐力的条件の類似および相違する他の諸都市についてこのような成果を求めて、地耐力と都市化との関連性の程度や特色などから、都市化過程の類型化を試みることを今後の課題とした。

参 考 文 献

- 1) 木内信蔵、ほか：日本の都市化、pp.19, 52, 古今書院、1964。
- 2) 田中滋夫：仙台都市圏における市街地形成の過程について、昭和55年度第15回日本都市計画学会学術研究論文集、pp.109～114, 日本都市計画学会、1980。
- 3) 石井康夫・矢嶋壮吉：N値による地盤評価、建設工事の地質診断と処方、pp.115～119, 土木工学社、1983。
- 4) 市川 慧：地盤と地形、国土の調査法、pp.127～139, 山海堂、1979。
- 5) 今村遼平：土地にも個性がある、安全な土地の選び方、pp.18～23, 鹿島出版会、1985。
- 6) 伊藤芳朗：地盤、N値、地質工学の基礎、pp.97～99, 吉井書店、1975。
- 7) 土質工学会：地形と地盤条件、土質工学ハンドブック、pp.7～19, 技報堂出版、1966。
- 8) 池田俊雄：洪積地盤の特徴、地盤と構造物、pp.70～73, 鹿島出版会、1975。
- 9) 小山内照・杉本良也・北川芳男：1/5万地質図幅「札幌」および説明書、pp.1～20, 北海道立地下資源調査所、1956。
- 10) 国土地理院地図管理部：1/4万都市化過程図「札幌」、国土地理院、1980。

(1989.7.22・受付)