

モンゴル・ウランバートル周辺地域の  
河川水、地下水の水質

平成 18 年 度

VOLODIYA OYUN

2006年度 修士論文

『モンゴル・ウランバートル周辺地域の  
河川水、地下水の水質』

三重大学大学院教育学研究科

教科教育専攻社会科教育専修（地域科学）

学籍番号：205M021

VOLODIYA OYUN

2007年2月13日提出

## 目 次

要旨 .....	1
図表一覧 .....	2
I はじめに .....	3
II モンゴルの自然環境 .....	5
III ウランバートルおよび周辺地域自然環境 .....	1 3
1. 自然環境の概略 .....	1 3
2. 調査対象地域 .....	2 3
IV 研究方法 .....	2 3
V 現地調査の結果と考察 .....	2 6
1. 従来のトール川流域の水質問題 .....	2 6
2. ウランバートルおよび周辺地域における井戸の様子 .....	2 9
3. ウランバートル周辺地域の地下水・河川水・湧水 の調査結果と考察 .....	3 2
4. 西部地域の地下水・河川水・湧水・池の水の 調査結果と考察 .....	4 0
VI 各地点における地表水・浅層地下水・深層地下水の 混合形態の推定 .....	4 2
VII まとめ .....	4 8
参考文献 .....	4 9

## 要 旨

本研究の目的は、資本主義経済の導入以降、急速に都市部への人口流入による都市域の拡大が認められるウランバートルにおいて、地下水利用形態や地下水・河川水の水質について実態解明にある。

地形地質解析の結果、本地域における地下水帯水層はトール川および北から流入する支流に沿って形成されている沖積層である。

さらに、現地調査および採水した水サンプルの分析結果を基にした解析の結果、以下のことが明らかになった；

(1) ウランバートルにおける地形は、トール川近傍の定位面と市街地が分布する高位面、新たに住宅化が進む丘陵斜面に分類される。

(2) 地下水の水質は、北側丘陵起源の水質を反映する深層地下水とトール川の浸透水の影響を受けた地下水、新興住宅地において局所的にみられる汚染された浅層地下水が存在する。

(3) 元々の地質を反映した地下水は、2種類存在し、市街地北東部地域の地下水は、他の地下水と比較して特異な水質を示す。

(4) 深層地下水の一部には、新興住宅地にみられる人的負荷を受けた地表水や浅層地下水の混合がみられ、水質が悪化している傾向がある。

(5) 西部地域における地下水・地表水の水質には、ウランバートル地域と比較して人為的負荷はほとんど無い。一方で、地表水には蒸発による塩類集積の傾向が認められた。

## 図表一覧

図 1	モンゴルの地形概略（柏木他，2005）と調査対象地域..	7
図 2	地質概略図 1（柏木他，2005） .....	1 0
図 3	地質概略図 2（高橋他，2004） .....	1 0
図 4	最近数年間の年平均降水量の分布 .....	1 2
図 5	研究対象地域とその周辺部の地形分類 .....	1 4
図 6	ウランバートルとその周辺 .....	1 7
図 7	AMSR による土壌水分の分布 .....	2 1
図 8	ウランバートル市街地の測定地点分布 .....	2 4
図 9	西部地域の測定地点分布 .....	2 5
図 10	ウランバートル市街地における $Zc$ の汚染状況 .....	2 7
図 11	トール川下流域における重金属汚染の状況 .....	2 8
図 12	ウランバートル市街地における電気伝導度の分布 ....	3 3
図 13	ウランバートル市街地における水温の分布 .....	3 5
図 14	トリリニアダイアグラムでみた水質組成 .....	3 6
図 15	ウランバートル市街地における $HCO_3^-$ 濃度の分布 ....	3 8
図 16	ウランバートル市街地における $NO_3^-$ 濃度の分布 .....	3 9
図 17	ウランバートル市街地における 地下水・河川水・湧水の $Na/Cl$ 比 .....	4 4
図 18	ウランバートル市街地における 地下水の混合形態の推定 .....	4 5
図 19	ウランバートル市街地における 地下水・河川水・湧水の $Ca/Mg$ 比 .....	4 6
図 20	ウランバートル市街地における地下水・河川水・ 湧水の $HCO_3^-$ 濃度と深度の関係 .....	4 7
表 1	モンゴルにおける標高と占有面積 .....	8
表 2	西部地域の水質 .....	4 1
写真 1	ウランバートル市街地の全景 .....	1 8
写真 2	ウランバートル北側の谷筋に広がる新しい居住区	1 9
写真 3	新しい居住区の建物 .....	1 9
写真 4	ULN-5 地点の井戸 .....	3 0
写真 5	ULN-4 地点の民家井戸 .....	3 0
写真 6	GACH-1 地点の井戸 .....	3 1
写真 7	west-1 地点の井戸 .....	3 1

## I はじめに

人類の社会、経済活動の急速な発展、拡大によって、地球温暖化、オゾン層の破壊、酸性雨、砂漠化、海洋汚染等、地球をとりまく環境は著しい変化を見せており、今や、国境・体制を越えた人類が直面する重大かつ緊急の課題となっている。地球温暖化問題は、一国、一地域の問題ではなく、全地球的な規模での解決が求められている。快適で便利な生活の影で、今地球では、深刻な環境破壊が進んでいます。それは、自然を壊しているだけでなく、動物や植物、そして私たちの人間にも悪い影響を与えている。地球環境の危機的状況が叫ばれている今日、その現状の正しい理解と、それに対する適切な対策を講じることが急務となっている。

私の故郷であるモンゴルは非常に乾燥した国である。これは、モンゴル全体で降水量が少なく、地形は高原がほとんどで、砂漠の面積が多いことによるといってよい。

地球規模で問題になっている温暖化の影響で、モンゴルの環境も大きく変化している。モンゴル政府は、今後 100 年間の間に、モンゴルの気温と降水量がどの程度変化するかを予想している。気温も降水量も増加することが予想されており、これはモンゴルにおける自然環境が、近い将来大きく変化することを物語っている。実際に、現在でも地下では永久凍土が南の地域から溶け出しており、特に私たちが利用している地下水に大きな影響が出始めていることが考えられている。

モンゴル・ウランバートルとその周辺地域においても、近年は伝統的な生活様式である遊牧から都市および近郊での定住化が進み、都市化が進行しており、人々の都市への流入は今後も続くと予想されている。現在、モンゴル総人口の 56.6% が都市部に暮らし、人口の 3 分の 1 はウランバートル及びその近郊に暮らしています。近年では、ウランバートル中心部には高層のマンションが建設され、周辺部では、かつては国有であった土地が民間に売却されるようになり、一戸建てを建築したり、敷地内にゲルを建て、敷地の周りを垣根で囲うような集落が郊外に向けて急速に拡大している。それらの人々は草原から都市にやってきた人々であり、定住化の象徴となっている。これらのウランバートル周辺地域は上下水道が未整備であるため、生活のための水環境を考えると、その整備が最優先課題である。一方、車の増加も著しく、ウ

ランバートル市街地では朝夕の交通渋滞が問題となっている。

こうした都市への人口の集中は、水質の悪化、森林破壊の原因ともなっています。このような状況は、この地域における水利用・水循環形態の変化を生じさせており、さらに人間活動による熱エネルギーの増加に伴う気温の上昇、永久凍土の融解に伴う、地盤の軟弱化・地下水賦存状態の変化という様に、水循環における様々な場面において多様な環境変化が現実化している。

水は、私たちの生活にはなくてはならないものであるが、安定した水利用をしながら生活をしていくためには、モンゴルの国民が、古来、どのような水利用をして生活を送ってきたのか、その歴史をしっかりと理解し、伝統的な生活様式を守りながら新たな水利用を考えていかなければならない。一方で、ウランバートル市の近年における目覚ましい工業、経済発展、都市化は、市内の河川流域内で発生する汚濁物質や有害物質の排出負荷量を著しく増大させ、水質汚濁を引き起こしており、ウランバートル市の水道水源である取水井戸の水質を懸念させる状況になりつつある。

モンゴルにおける水環境調査の中で、地下水に関する調査はほとんど実施されていない。1996年に日本のJICAがODAによる経済援助を行った際に、乾燥地への植樹、バスの寄付と平行してウランバートル市における地下水調査を行った実績があるようであるが、その成果はモンゴル国内では公開されておらず、地下水についての水質や流動の実態については不明である。また、辻村他（2005）は、ウランバートル西方に位置するヘルレン川流域において河川水と地下水の水質特性から地域の水循環形態について示しており、河川の水質は上流から下流にかけて変化しないが、地下水の水質は地域によって大きく異なり、地下水流動系は多様であるとしている。辻村はモンゴルの地下水利用の重要性についても言及しているが、上述したようなウランバートル市における急速な人口集中と都市化によって水需要は今後さらに増加することが考えられ、一方で都市化による水質汚濁の危険性も確実に増してきていると考えられる。このような状況から、今後の水環境を考える上でも、ウランバートル市とその周辺地域において、地下水の流動や水質に関する実態を解明することは極めて重要であるといえる。

モンゴルは、大陸の激しい気候の影響で冬季になると河川水をはじめとする地表水は結氷し利用することができなくなる。その

ため、地下水への依存度は必然的に高くなる。最近、政府は、乾燥地域の鉱物や pH が高い地下水について、浄化し軟水させる必要性を提言するなど、国内全域において有効な地下水利用を目指した動きが出始めている。

以上のような背景から、本研究では、都市化が著しく、地下水への環境負荷も懸念されるウランバートル市とその周辺地域において、地下水の賦存状態と水質分布について、実態を解明することを目的とする。

## II モンゴルの自然環境

モンゴルはアジアの中央部北緯  $41.35^{\circ} - 52.06^{\circ}$  , 東経  $87.47^{\circ} - 119.57^{\circ}$  の間の広い大草原と乾燥した大地に位置する。モンゴルの面積は 157 万  $\text{km}^2$  で、南北に約 1260km、東西に 2392 km の国土を持っている。

### 地形

モンゴルの地形については、Graphic Atlas of Mongolia(2004) に詳細なものが示されている。ここでは、柏木他(2005)が作成した地形概略図を引用したものを図 1 に示す。モンゴルの国土の大部分が山地や高原で占められており、森林、密林、草原、砂漠が土地利用形態の大部分を占める。これらの分布は、地域によって大きく異なっており、森林は北部に、砂漠は西部から何部にかけて広く分布する。平均標高は 1580m、最も低いところは、ドルノドモンゴル平原のフフ湖のくぼ地(552m)である。モンゴルの北部に標高 2000–2500m を越える山頂のモンゴルアルタイ、ゴビアルタイ山脈、国の中心の西部と北部に海拔高度 2000–2500m ハンガイ、ヘンテイ、フブスグルの森のある山脈、東と南部に 1000–1500m ドルノドモンゴル平原、低い丘陵地のあるゴビ地域から形成している。

地形は西北、北部にモンゴルアルタイ、ホルディルーサリダグ山脈、東南に大ヒャンガンの山脈が分布する。モンゴルアルタイは西北から東南の方向をとるが、600–650 km にわたって連なっている。

ここの急傾斜の山地の間に深くて広い盆地が多い。一番高い山頂



が、アルタイ山脈のフイテン山頂（4374m）である。

モンゴルアルタイ山脈の高い部分に第四紀氷塊、氷河が定まって、その山麓に氷河湖、モレーン積が分布している。モンゴルアルタイ山脈の東に大湖のホトゴルと言う広い、盆地が位置するが、いくつかの大きな湖からそろそろ盆地がある。

湖の空間の南にゴビアルタイ山脈が位置する。この山脈はいくつかの山地から形成し、600km以上続く。ゴビアルタイ山脈から南にアルタイツァーダハゴビ砂漠が分布する。

モンゴルの西北にフブスグル山脈位置するが、起原的にバイカル湖と同様な山地間の亀裂を沿って経度の方向に形成したフブスグルとダラハダの大きな盆地がある。フブスグル山脈の西に標高3000m越えるウランタイガ、ホルディルーサリダグ山脈が位置する。モンゴル中央にハンガイ山脈高地が位置する。ここにブルナイ、タラバガイタイ、ブレンの山脈が入る。この山地を上から見ると、等しくない、形成的にも特徴である。高い山頂は、ハンガイ山脈の西にある4021m氷雪のオトゴンテンゲル山である。ハンガイ山脈に火山性の地形が多く分布する。

ハンガイ山脈の河川が急流で、滝もある。ハンガイ高地が、大湖のホトゴル、ゴビアルタイ山脈から東にモンゴルの中央、南、東部の広い平原が1200km以降続く。この平原が西東に低くなり続けて、当国の東北に標高が560mになるが、これは、モンゴルの一番低いところといわれる。ハンガイ山脈から東方にモンゴルとロシアの境あたりヘンテイ山脈が位置するが、高い山頂は、アスラルターハイルハン山（2800m）である。ヘンテイ山脈が分布的にばらばらで、平等な頂の多くの小さい山から形成する。地形の一つの特色は、山地の中央部分が南へ凸起して、地域の西部に西北へ、中心部に緯度に沿い東部に東北方向へ連なって形成する。モンゴルの地形は、西東にモンゴルアルタイ、大湖のホトゴルフブスグル辺の山地、ハンガイ山地、オルホナーセレンゲの合流地点、ヘンテイ山地、モンゴルドルノド平原、大ヒャンガンという大きな分類に分けられる。地形のこういう大きな形は地質構造の運動による形成するが、小さい形は川湖、風、氷河の活動による形成している。

表1の土地の高度、面積の割合を見ると、国土の84.7%が標高1000m以上の高地であることがわかる。海から遠くはなれており、気候的には乾燥した涼しいという自然条件が、モンゴル独特の自



図 1 モンゴルの地形概略（柏木他，2005）と調査対象地域

表 1 モンゴルにおける標高と占有面積

高度 Altitude	面積 Percentage%
1000m以下 (below)	15.3
1000－1500m	40.0
1500－2000m	19.9
2000－3000m	22.4
3000－4000m	24
4000m 以上 (above)	0.02

然帯を形成している。

## 地質

モンゴルの地質についての情報は、1990年代の資本主義経済の導入時に飛躍的に増加している（柏木他，2005）。柏木（2005）は、この時代の地質調査は、国土全域にわたる地層区分の思案が、最新の研究成果や考え方に基づいて提案されているとしている一方で、様々な解釈が出されており、今後さらに調査しなければならないことも多いとしている。柏木他（2005）および高橋他（2004）によって作成された地質分布の状況を、図2および図3に示す。

モンゴルの地質は、モンゴル国土を南北に分断する形で形成されているウラルモンゴル構造線によって、北部は先カンブリア時代と前期古生代の岩石が分布し、南部は前期～後期古生代にかけての岩石が分布するというように大きく傾向が異なる。このように国土のほとんどは地質年代的には非常に古い地質によって成り立っている。バヤンホンゴルからウランバートルを経て北東方向には、ハンガイーヘンティ堆積盆が分布している。一方、ヘルレン川やトール川のように北部を流れる比較的大規模な河川周辺は沖積層が分布している。沖積層の厚さは数十m～100m程度と見積もられている。北中部から東部にかけては、モンゴルートランスバイカル鉱床生成区とよばれ、種々の鉱物の産地となっており、特に金、銅、モリブデン、タングステン、錫、石炭などが産出されている（高橋，2004）。また、西部にも銅や鉄の産出がみられ、この地域はアルタイーサヤン鉱床生成区と呼ばれる地区に属している（石原，2005）。

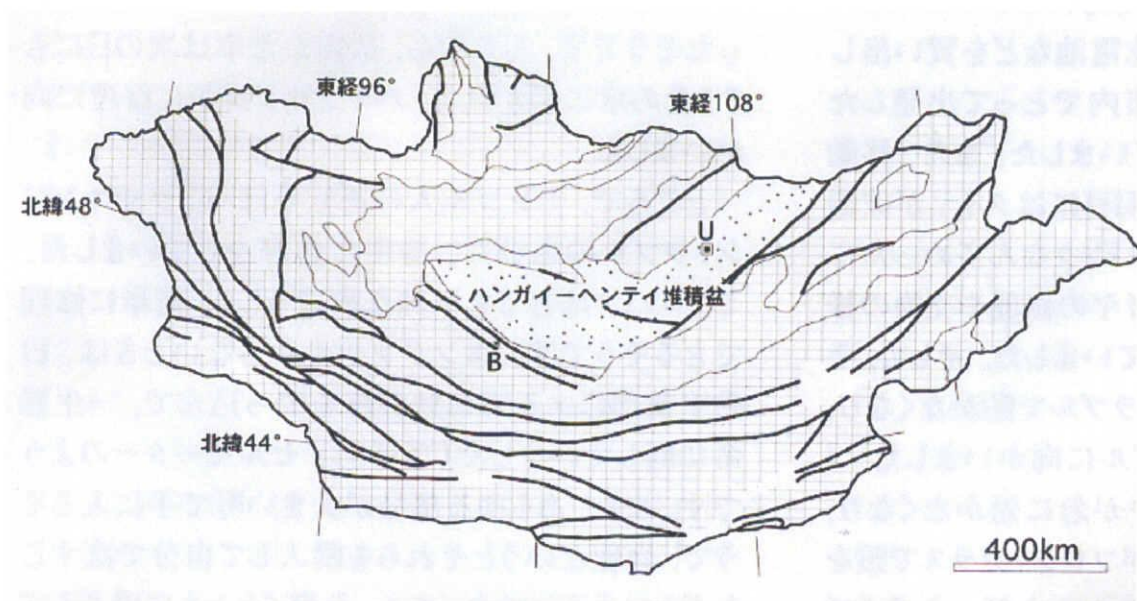


図2 地質概略図1 (柏木他, 2005)

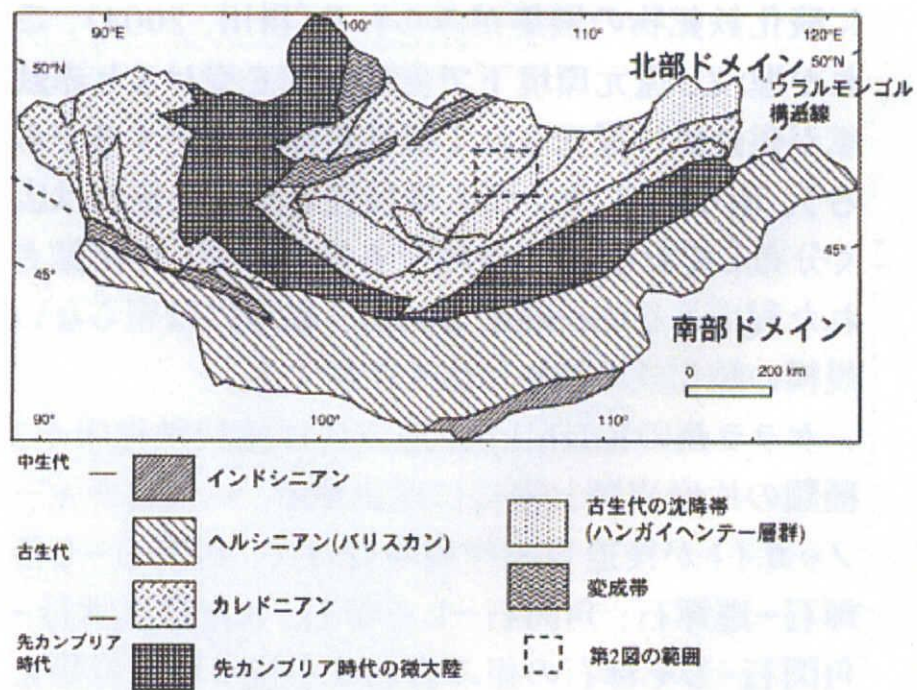


図3 地質概略図2 (高橋他, 2004)

## 気候概況

モンゴルの気候は、大陸性で、雨が少ない乾燥した気候が特徴となる。晴れの日が多く、冬の時期が、長いことである。

異なった内容を持ついくつもの気候域が存在することである。モンゴル国は、ユーラシア大陸の中央に標高から越えて、西北は高い山脈に囲まれて、年の寒い季節にアジアの高気圧、夏は低気圧の影響を与えるため大陸地の激しい気候が存在する。

年平均温度は、国土の北部の山地では $-7.8^{\circ}\text{C}$ 、(ダラハダの窪地)。

南の境界には、 $+8.5^{\circ}\text{C}$  越え 気温度差が明確に現れる。

もっとも寒い1月には、モンゴルの北部では、 $-20^{\circ}\text{C} \sim -25^{\circ}\text{C}$ 、南部に $-15^{\circ}\text{C} \sim -20^{\circ}\text{C}$ 、もっとも暑い7月では、北部には $+15^{\circ}\text{C} \sim +20^{\circ}\text{C}$ 、南部には $+20^{\circ}\text{C} \sim +25^{\circ}\text{C}$ である。

気温の低気温はウブス窪地に $-55^{\circ}\text{C}$ 、高気温は、ゴビ砂漠で $+41^{\circ}\text{C}$ になる。

年の全季節に昼と夜の気温の差は、 $10^{\circ}\text{C} - 14^{\circ}\text{C}$ である。

年降水量北部の山地では、 $300 - 400\text{mm}$ 、平原で $200 - 300\text{mm}$ 、ゴビ砂漠の地域では、 $50 - 100\text{mm}$  くらいである。降水量が少ない年にスコット（水不足）なるのが少なくないが、全地域の25%を含めた、湿気不足 2-3 年に 1 回、50%以上の地域を含めた湿気不足は、4-5 年に 1 回ある。

モンゴル風の日が多くて強いである。国地域の北部の山地には、風速が平均で 2-3 %、草原地帯とゴビ砂漠に 4-6 %、南部には、15 % 越える風の日が年に 30-40 日、南部では、10-15 日である。モンゴルの地理学的な状態、地形、標高、気流の主要な風向（方向）と一致して大陸の激しい気候を形成します。この特徴は、気温の振動数  $80^{\circ}\text{C}$ 、降水量少ないため、乾燥した寒くて（涼しい）季節が 8.5 月続きます。平均降水量は、 $200 - 250\text{mm}$  乾燥地域に  $50\text{mm}$  降れないところもある。図 4 に最近数年のモンゴルにおける年平均降水量分布を示した。北部に比較的降水量の多い地域が存在することがわかり、この地域に都市部や森林地帯が分布する。反対に、南部の砂漠地域では降水量が非常に少ないことがわかる。

モンゴルの国土のおよそ  $3/4$  は乾燥した草原、およそ  $1/4$  は不毛の沙漠で、森林は  $1/10$  以下しかない。モンゴルの森林は主として山地の北側斜面にあります。これは、日の当たる南側斜面に



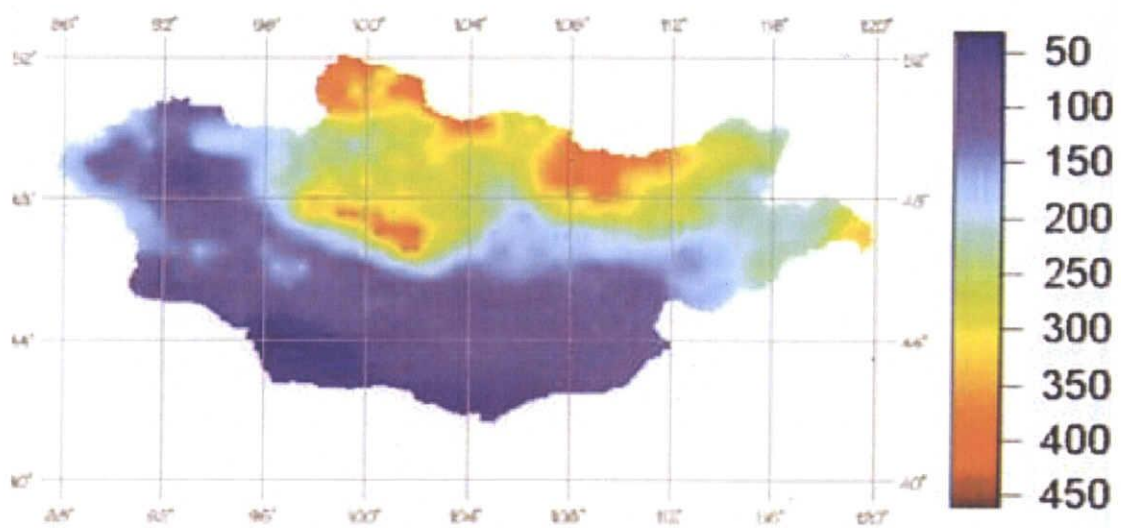


図 4 最近数年間の年平均降水量の分布

は森林ができるほど十分な水分がないためである。モンゴルでは、1996年から1998年にかけて大規模な森林火災が発生し、日本の面積の1/10にあたる約400万haにもおよぶ森林が消失した。

### Ⅲ ウランバートルおよび周辺地域自然環境

#### 1. 自然環境の概略

モンゴル国の首都ウランバートル市は、ヘンテイ山中に源を発し西流するトール川のほとりに、東方バヤンズルフ山（1793m）・西方ソングノーハイルハン山（1608m）・南方聖山ボグド（2391m）・北方チンゲルテイ山（2300m）の四山に囲まれ、平原の列風より護られる盆地に位置する。標高は1300～1350mで、面積は1,359km<sup>2</sup>である。

#### 地形

ウランバートル市街地が分布している地域の地形についてまとめると、以下の通りである：

1. 都市を囲まれて位置する山頂の1600m以降標高の分水地ここに風力が強くて、降水量多い、空気や土壌汚濁が少ない所
2. 都市を囲まれて位置する山頂の1500m以降標高の平均高山ここに風力が南帯より弱くて、降水量が多い。
3. 都市を囲まれて位置する山頂の1400m以降標高の低山：風力が南帯より弱い、霧の日が多くて空気や土壌汚濁が比較的に少ない所。
4. 1350－1400m標高山地の斜面：風力が南帯より弱い、風力が南帯より弱い、土壌汚濁が中程
5. 1300－1350m標高の高台部分
6. 1300m以下標高の低台：この辺が盆地や山地に囲まれているため風力が弱くて、空気や土壌汚濁が多い
7. 山地間の盆地：風流に垂直位置するため風力が弱めて、空気や土壌汚濁が多くなる。
8. 北部からいくつかの河谷がトール川に注ぐ

参考までにウランバートルとその周辺地域の地形分布を図5に示す。



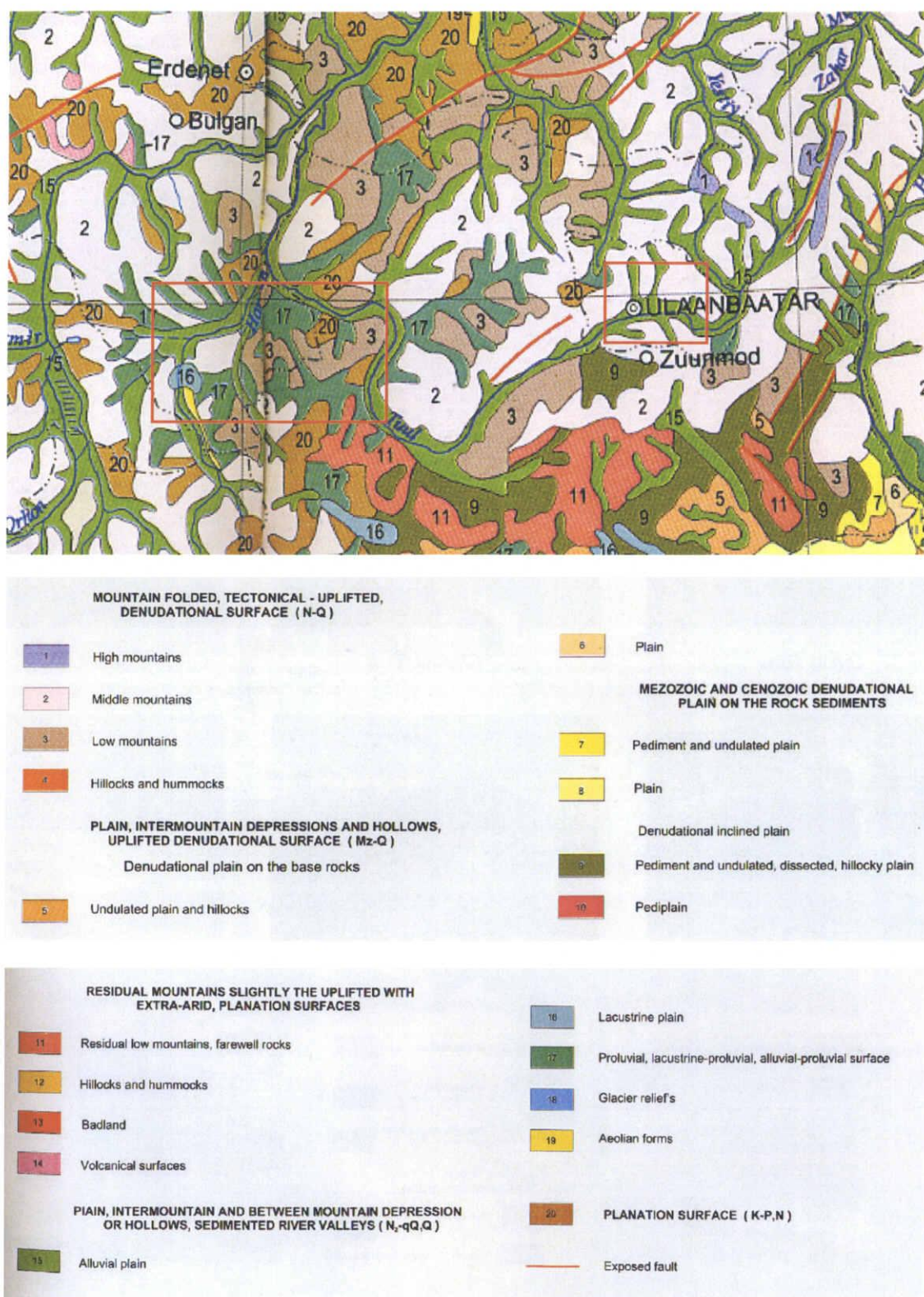


図5 研究対象地域とその周辺部の地形分類

## 地質

ウランバートルの地質は、北部地域に属する。この地域の地質の特徴は高橋他（2004）に詳細に述べられている。その中ではウランバートル周辺の地質の各年代、この地域に広く分布するハラ層群やヘンテー層群の分布形態について言及されている。本稿で最も重要と思われる浅層地下水の帯水層に相当する沖積層の分布は、図5に示したように、トール川周辺部、すなわちウランバートル市街地の南端部に東西に帯状に分布している。また、ウランバートル市街地の南北方向に比較的規模の大きい谷が形成されており、そこにも沖積層が存在していることがわかる。これらの沖積層の分布は、図5のような地形分布図には示されているが、地質図には示されておらず、モンゴルの国のスタンスとしては鉱物産出に絡む基盤岩系の地質分布が主な調査対象であることを示唆している。

## 気候状況

平均気温は、7月16.0℃、1月-24℃、ウランバートルの年間平均降水量は、235mmと少ないですが、大部分が夏に降る。

ウランバートルの気候は雨量が少なく乾燥した、典型的な大陸性で、日中と夜間の気温差、冬季と夏季の気温差が大きいです。7～8月の夏の日中の気温は40℃近くになることがあり、11～4月の寒くて長い冬は-40℃を下回ることもあり、カナダのオタワと並ぶ「世界で最も寒い首都」として知られている。年間の晴天日が約250日もある。

## 自然環境と人間生活，土地利用形態

特に人口が集中し、活発な経済活動に比して水資源の少ないウランバートルでは、水の確保が大きな問題となっています。ウランバートルの水環境の特徴は、河川と地下水の分布は少ないのですが、水不足状況は年々深刻化しています。河川や地下水の一番栄養になるものは降水量である。

ウランバートルの人口は約965,300人（2005年統計年鑑）、同国の人口2,562,400人（2005年統計年鑑）の1/3を超える人口

が集中し、極端な一極集中となっている。

モンゴルでは近年、自然災害が頻発し、2000年と2002年の夏には干ばつに、1999～2000年、2000～2001年、2002～2003年の冬には雪害(ゾド)に見舞われ、合わせて1,000万頭以上の家畜を失った。

その背景には、1991年の旧ソ連崩壊後に、社会主義経済から自由主義経済に移行したことをきっかけに発生した次のような事情がある。つまり、「就職難→経験不足の遊牧民の急増→家畜頭数の急増と草木を根こそぎ食べるカシミア山羊の頭数の増加→過放牧→自然災害の発生→深刻な被害」という経過をたどり、大本は人間生活に端を発することから、形としては自然災害であるが、実際は人災の面もあるといえる。

そして、このような地方の牧畜業崩壊で首都ウランバートルに戻ってきた人々が郊外に無許可でゲルを建てた「ゲル地区」が広がり、そこで様々な社会問題が発生している。

図6は日本の地球資源衛星1号に搭載された光学センサが1996年5月に捉えたモンゴル国の首都ウランバートルとその周辺である。図中央の濃い緑色の塊はボグド山で、そのすぐ北側をトール川が東から西に流れている。ウランバートルの市街地はボグド山の北側、トール川のほとりの灰紫色に見えるところである。図の上方にもチンゲルテイ山の濃い緑色の森林が見えている。この辺りはヘンテー山脈の南西端に当たり、ウランバートルは、四方を山に囲まれた盆地にあるので、平原の烈風から護られている。

土地利用形態を、現場の写真からみる。写真1はウランバートル市街地南部の丘陵地上から、ウランバートル市街地をみたものである。手前に見えるトール川の北側に段丘崖があることがわかり、市街地自体は段丘面上に広がり、北側丘陵の斜面に伸びていることがわかる。北側丘陵地の斜面やトール川の段丘崖下の地域を中心に、都市域が拡大している。

写真2は、北側斜面に広がる、地方から流入してきた人々が新たに住み始めた住宅街をみたものである。写真3はさらに住宅の様子を近くから見たものである。いわゆる一戸建てのしっかりと

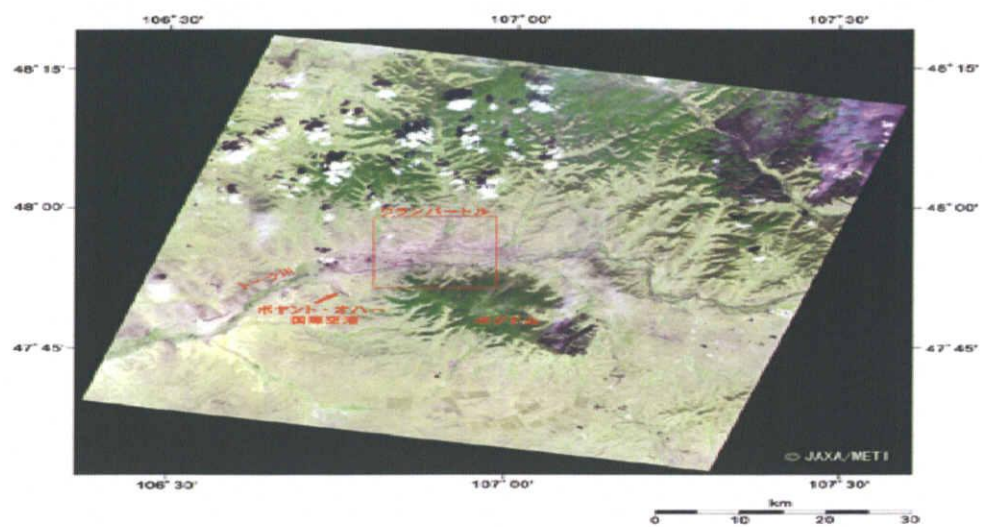


図6 ウランバートルとその周辺



家というのはあまりなく，モンゴルの伝統的な家屋であるゲルを敷地内に建て，敷地の周囲を垣根で囲うスタイルを多く見かける．移住を考慮して作られているゲルに住んでいるということは，この地域の水利用は上水道ではなく，河川水や地下水に依存していることは明らかであり，排水についても勿論下水施設は敷設されていないので．家庭排水は谷底の流路に垂れ流しになるか，地下水に浸透していることになる．



写真 1 ウランバートル市街地の全景

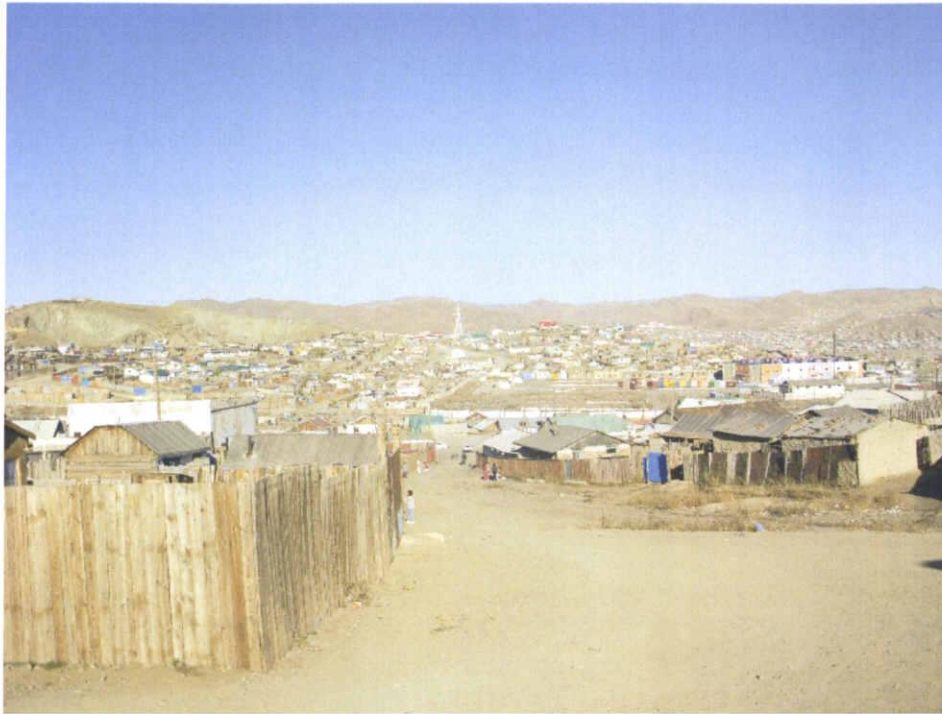


写真2      ウランバートル北側の谷筋に広がる新しい居住区

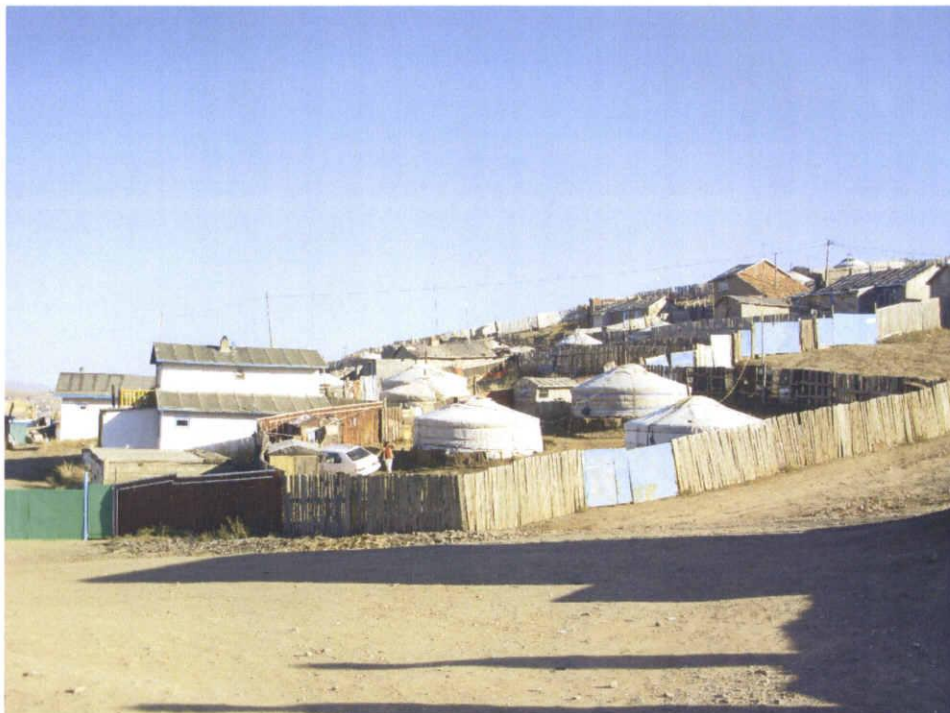


写真3      新しい居住区の建物

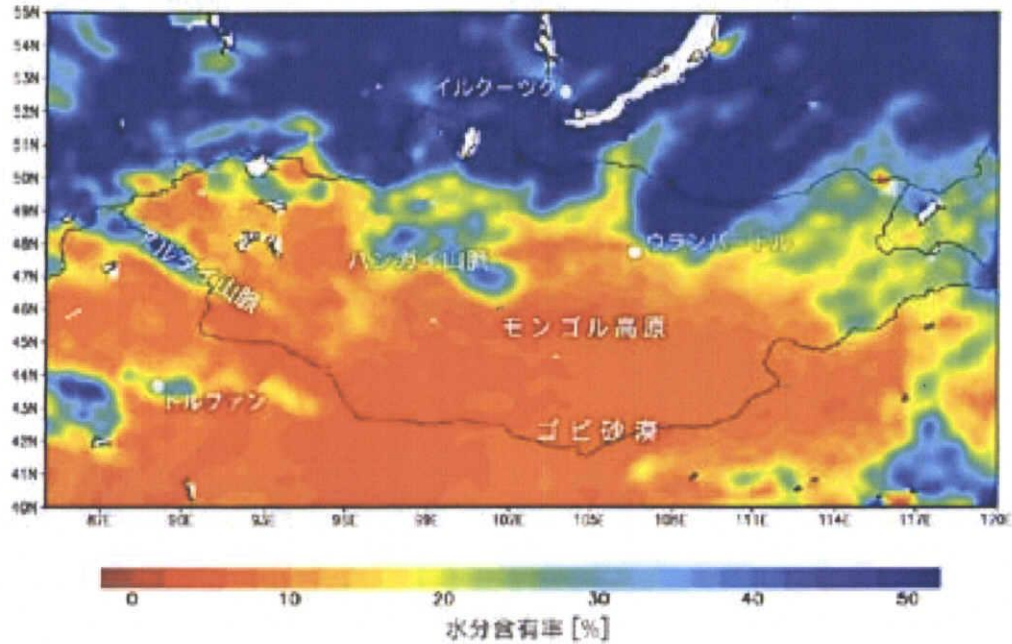
モンゴル高原の土壌水分分布については、近年、衛星からの土壌水分観測が可能になった。

AMSR と AMSR-E の姉妹センサが、これまで広域を定量的に観測することの難しかった土壌水分(\*1)の観測を実施しました。図 1 は、AMSR-E による 2002 年 7 月のモンゴル高原における土壌水分の分布図で、図 7 は、AMSR による 2003 年 7 月の分布図である。赤いほど土壌水分が少なく、青いほど土壌水分が多いことを示しています。図 7 の 2 つの画像を比較すると、2003 年のモンゴル高原は 2002 年に比べて土壌水分量が多かったことがわかる。また、モンゴル以北の青い部分はシベリアの森林にほぼ相当します。2003 年のモンゴル高原は 2002 年に比べて冬季の積雪が多く、また降水も例年より多かったことが報告されており、AMSR、AMSR-E データから得られた 2003 年の方が湿潤である結果と一致している。

「ウランバートル市給水施設改善計画（詳細設計）」によれば、モンゴル国では、首都ウランバートル市の人口が今後年間約 3% 増加すると予想され、2010 年には 1 万 8,000 トン／日の水が不足することになる。これに対する同国の水供給は、ウランバートル市郊外のゲル地域（木造式・テント式混在の住宅密集地域）における地下水汚染の問題等により、不衛生な井戸水・湧水の使用による水系伝染病が発生し、将来的には市中心部より下流に位置する 2 水源が使用できなくなる恐れがある等、旧ソ連時代に作られた老朽設備を抱える中央水源と併せ、今後供給力の確保が困難な状況となる。このような状況の下、モンゴル国政府はウランバートル市を流れるトール川の良質な上流水源の再開発および施設更新に加え、中央水源のポンプを更新する「ウランバートル市給つき、わが国政府に対し無償資金協力を要請してきたものであり、これは、わが国のモンゴル国に対する重点援助分野（基礎生活支援）にも合するため実施するものである。



AMSR-E の観測によるモンゴル高原の土壌水分分布（2002年7月）



AMSR の観測によるモンゴル高原の土壌水分分布（2003年7月）

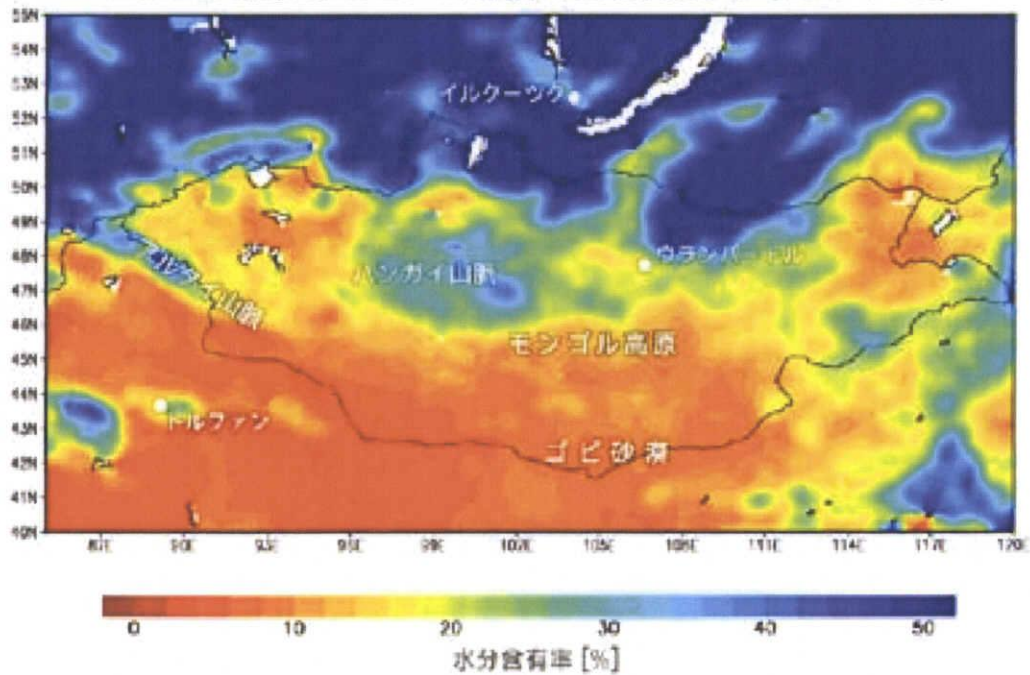


図 7 AMSR による土壌水分の分布



「水施設改善計画」を策定し、この計画の詳細設計に必要な資金に この計画の実施により、ウランバートル市の水道供給能力向上による水供給の安定に資するのみならず、ゲル地区における井戸水・湧水などの水質の悪い水の使用が減少し衛生状況が改善されるため、水因性疾患の減少が見込まれるなど、ウランバートル市全住民の健全な都市生活の発展に資することが期待されるといわれている。

モンゴル国にて平成 15 年 5 月に閣議承認された首都ウランバートル市の総合計画「ウランバートル市マスタープラン 2020 年」では、同市の人口急増を予想し、水供給対策を最優先事項の一つに掲げた。また、同市郊外のゲル地域（木造式、テント式混在の住宅密集地域）では、生活排水等による地下水汚染もあり、不衛生な井戸水、湧き水使用による伝染病も発生している。本計画は、こうした状況の下、将来の水需要を満たすために必要となる新たな水源開発等を行い、併せて、給水システムの維持管理に係る技術移転を行うものである。ゲル地区における井戸水、湧き水など水質の悪い水の使用が減って衛生状況が改善され、水因性疾患の減少が見込まれる。市街地における水の確保により、ウランバートル市の健全な都市発展に資する。

モンゴルは年間降雨量が 200～300mm と非常に少なく、高い山や水量の多い川は少ない土地でも、地下水が豊富に存在しており、そこから給水している。この給水施設はウランバートル市から離れたところにあり、地下水なので非常に冷たく、周囲はもちろん草原なので汚染源も無いことである。

清浄な上水の確保は途上国共通の課題である。ウランバートルのライフラインは、草原の井戸を水源とし、延長 45km のパイプラインで結ばれている。

ウランバートルへの人口集中によって、都市部での水需要が高まってきている。特にゲル地区と呼ばれる地域は安全な水へのアクセスが困難で、不衛生な井戸水を使って生活している人がいる。このような人々に安全な水を供給するための給水施設は、モンゴルにとって必要不可欠なものである。

## 2. 調査対象地域

研究対象地域は、大きく2つの地域に分かれており、いずれもトール川流域に属している。それぞれの調査地点は、図1の赤枠で囲った地域である。モンゴルの流域は大きく3つに分類することができ、トール川の流域を流れる水は、バイカル湖を経て北極海に流出する。本研究で選んだ2つの調査地域は、同一流域の中でも土地利用形態や地形地質環境が大きく異なっている。ウランバートル周辺地域が都市域であるのに対し、西部地域はトール川下流部あるいは動物の保護地域にあたり砂丘地が近くに分布する地域である。

## IV 研究方法

地形地質の解釈・解析については、文献レビューによって行った。

対象地域における現地調査は、2006年8月～9月にかけて測水調査を実施した。測水調査は、民家やホテル所有の深井戸8地点、浅井戸6地点、河川水14地点、湧水5地点、池2地点の合計35地点において、水温、pH、電気伝導度を測定した。本来、地下水面までの深度、井戸底までの深度を測定するが、深井戸に関しては打ち抜き構造になっていたため水面計を使用することができなかったため、これらの項目については浅井戸についてのみ実施した。水温・pHは横河電機製パーソナル pH81 メータ、電気伝導度については横河電機製パーソナル SC メータを用いて測定した。また、各測水地点において、化学分析用に100mの採水を行い、三重大学地理学研究室で溶存イオンの分析を行った。溶存イオン分析は島津製作所製イオンクロマトアナライザーを使用し、陽イオン ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{+}$ ,  $\text{K}^{+}$ ) と陰イオン ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^{-}$ ,  $\text{NO}_3^{-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) を、 $\text{HCO}_3^{-}$ については pH4.8 アルカリ度滴定法によりそれぞれ測定した。測定地点については、図8、図9に示す。



図8 ウランバートル市街地の測定地点分布





图9 西部地域の測定地点分布



## V 現地調査の結果と考察

### 1. 従来のトール川流域の水質問題

ウランバートルを流れるトール川や、ウランバートル市街地では、Pb, Fe, Cu, Zn など重金属系の汚染状況についての調査結果が公表されている。図 10 は、ウランバートル市街地における Zc の汚染状況を示したものである。市街地全体に広がっているわけではなく、古くからの中心地にあたる旧市街地に特に値の高いところがあることがわかる。また、北側に向かって幾筋かの濃度の高い部分があり、これは、汚染されている範囲の北側端に汚染源が存在していることを示していると考えることができる。また、濃度が局所的に高いところにも、汚染源が存在していることが考えられる。鉄道の南側の汚染域は、図 8 で使用している地形図では市街地となっていない。地形図の発行年は 1960 年代であり、この地域が最近 40 年強で都市化した地域であることがわかる。またトール川の左岸側に濃度の高い地域が存在するが、この地域は図 8 の地形図で確認すると、山地斜面になっている。これは、Zc の汚染が、単に都市開発によってのみ引き起こされるのではなく、鉱業活動によって引き起こされる可能性があることを示している。トール川下流部にも局所的に濃度の高いところがあるが、この地域も局所的に何らかの産業活動を行うことによって濃度が高くなっていると考えることができる。

図 11 は、ウランバートルから下流のバイカル湖にかけてのトール川流域における重金属汚染の状況を示したものである。図地位に示されているうちで最上流部にあたるウランバートルからは、Pb, Sz, Zn や Op が排出されていることがわかる。トール川へは下流の west-3 付近（図 9）までその影響が及んでいることがわかる。トール川の汚染は、バイカル湖まで連続的に汚染されてはいないことになっているが、流下の途中で支流からの汚染水の合流により、かなりの距離において河川水の汚染が発生していることがわかる。トール川は、ロシア領のバイカル湖に流入しているので、これらの汚染物質もバイカル湖に流入することになる。

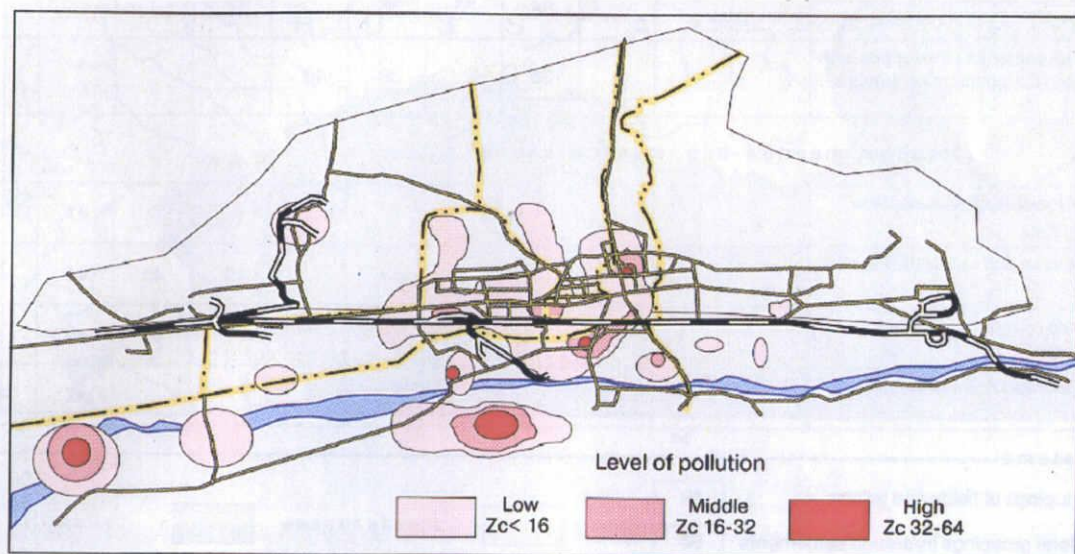


図 10 ウランバートル市街地における Zc の汚染状況

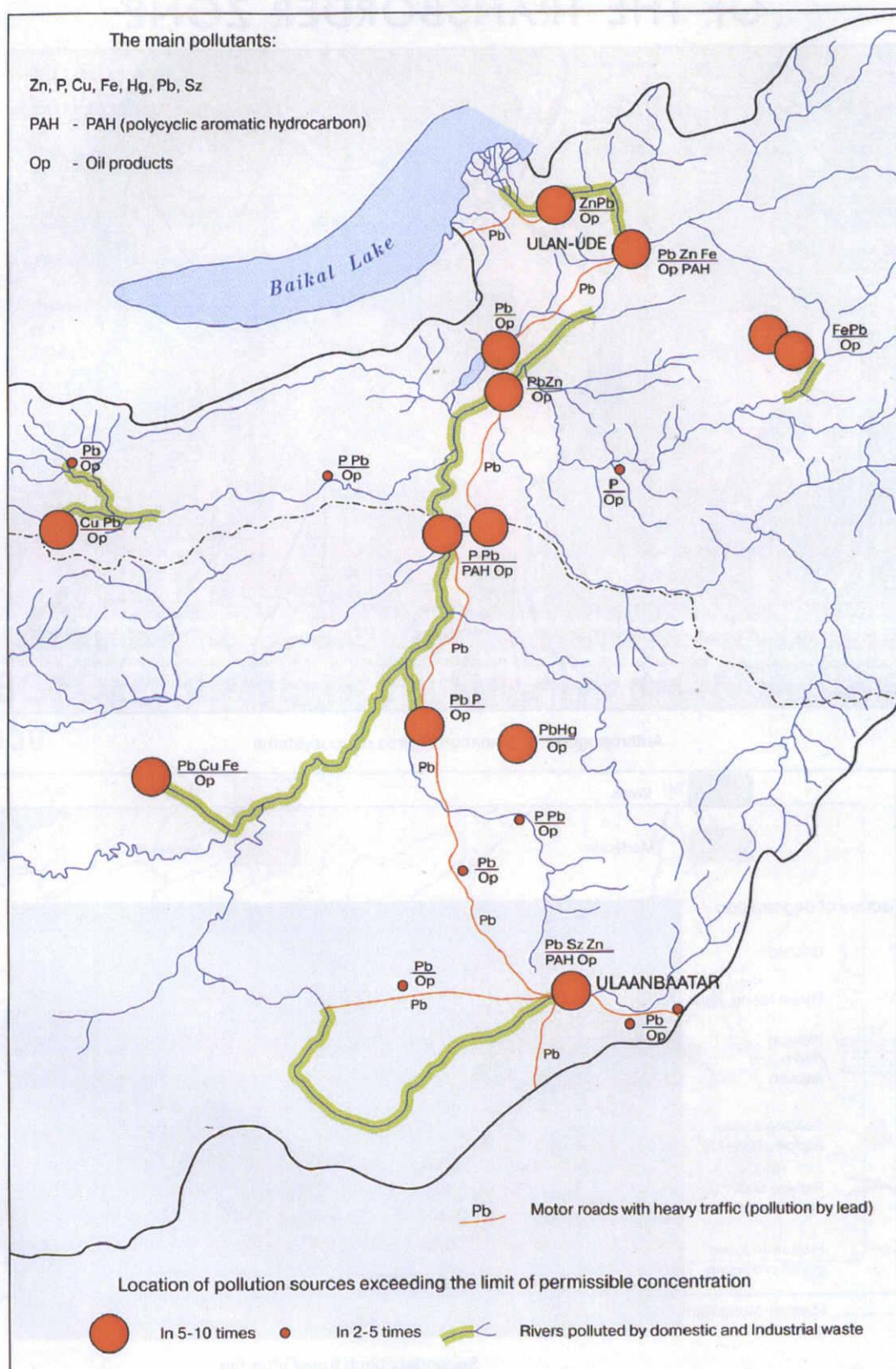


図 11 トール川下流域における重金属汚染の状況

## 2. ウランバートルおよび周辺地域における井戸の様子

次にウランバートル地域における、対象とした井戸の様子をみる。写真4は、開発の進む谷の最上流部に掘削された井戸（ULN-5）である。主に放牧している牛の水飲み用に使用されているようである。井戸の横には、タイヤを切り開いて作った水飲み用の樋が置かれている。地元の人がこの樋に水を入れ始めると、どこからともなく牛が集まってきて、水を飲み始めた。

写真5は ULN-5 と同じ谷の若干下流に位置する民家の井戸である。こちらは井戸枠にタイヤを使用している。飲料水・生活用水として使用している。この井戸の持ち主の家は、この地域では一般的に使用されているゲルの家である。

写真6は、ウランバートルの上流側の郊外に位置する民家の井戸である。トール川の近くに掘削されており、飲料水をはじめとする生活用水として使われている。

写真7は西部地域のトール川近傍に掘削された井戸である。集落からは 500m ほど離れており、用途としては写真5と同様に、家畜の水飲み用に掘削された可能性が高いが、樋は置かれていない。地元の人々が井戸を囲んで話をしており、あるいは、生活用水として日々ここまで水を汲みに来て利用しているのかもしれない。

このように、井戸の形態は地域によって少々異なっている。また、写真には示していないが、このような開放井戸ではなく、直径 50mm 程度の鉄管を打ち込んだ打ち抜き井戸も数多く存在する。掘削深度は打ち抜き井戸の方が深く、ウランバートル市街地でみると、ULN-1, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 が深度 15～72m の深井戸である。これらの井戸は山地斜面よりは、トール川の形成した段丘面上に分布している。このことは、地域住民が人為的負荷の影響が高いと考えられる浅層地下水の利用を意識的に避けた結果であると考えられる。これらの井戸とは別に、トール川の河川敷には政府の掘削した上水道用の取水井戸が数本存在している。これらの井戸の深さは聞き取りの結果約 80m であるということであり、同様に人的負荷の影響が少ない真相地下水を利用していることがわかる。





写真 4 ULN-5 地点の井戸



写真 5 ULN-4 地点の民家井戸



写真 6 GACH-1 地点の井戸

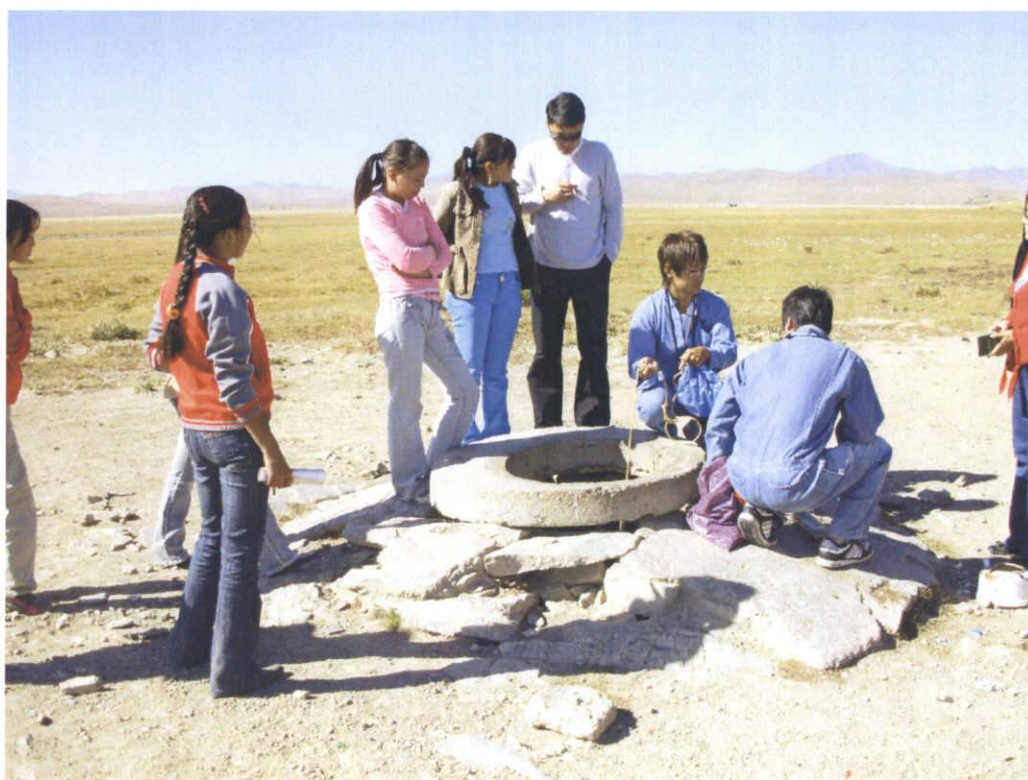


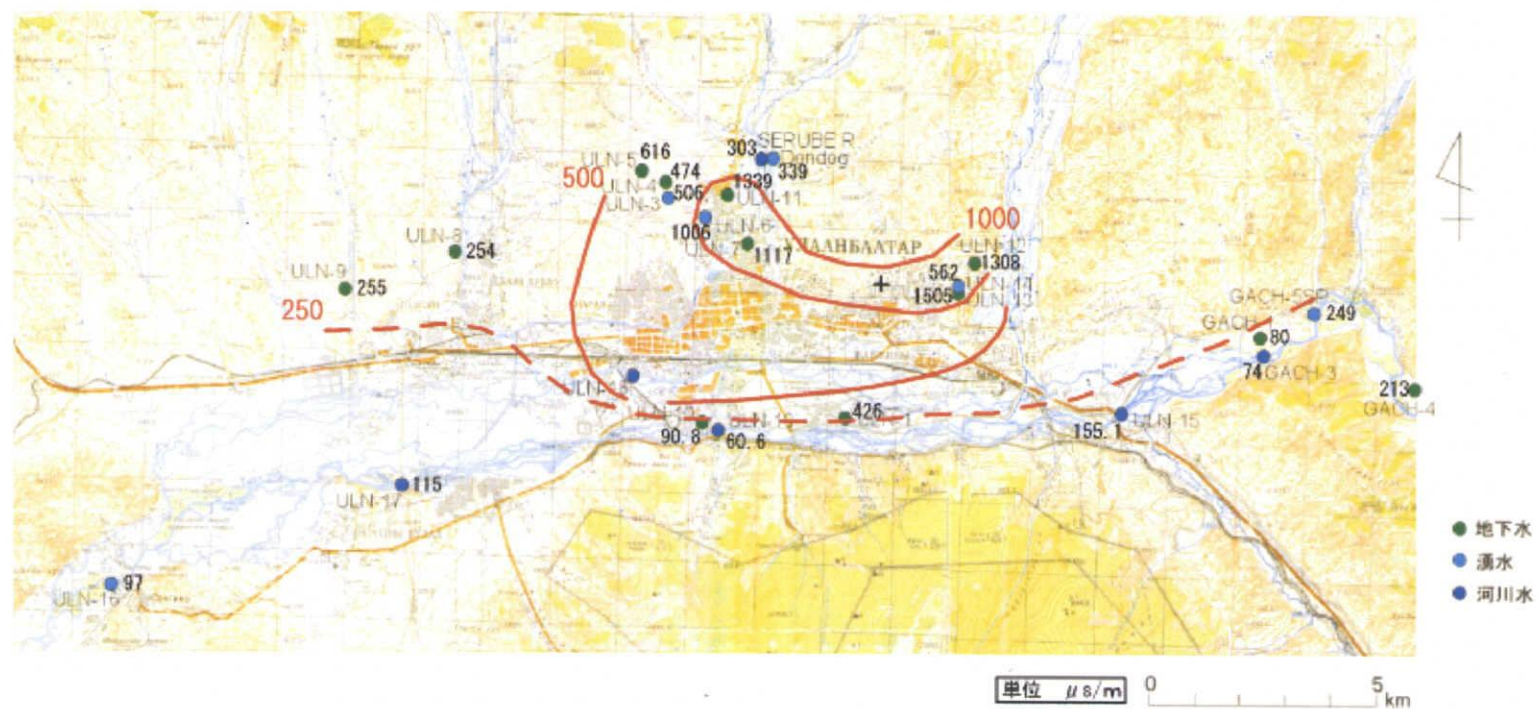
写真 7 west-1 地点の井戸



### 3. ウランバートル周辺地域の地下水・河川水・湧水の調査結果と考察

図 12 に電気伝導度の分布について示す。また、GACH-5 の湧水 ULN-8 および ULN-9 の地下水の電気伝導度は、ほぼ  $250 \mu \text{ S/cm}$  である。一方、住宅化が進む ULN-5 の谷や市街地で電気伝導度が比較的高いことを考えると、ウランバートル北側の丘陵地から流動してくる汚染されていない地下水の電気伝導度は、 $250 \mu \text{ S/cm}$  前後の値であると考えることができる。これに対し Dondog 湧水では  $330 \mu \text{ S/cm}$ 、すぐ隣のセルベ川でも  $303 \mu \text{ S/cm}$  という値を示している。セルベ川の谷は、Dondog 湧水よりも上流部に住宅地が点在していることから、この谷の水質は、本来の山の水質と比較したときに若干人的影響を受けていることが考えられる。

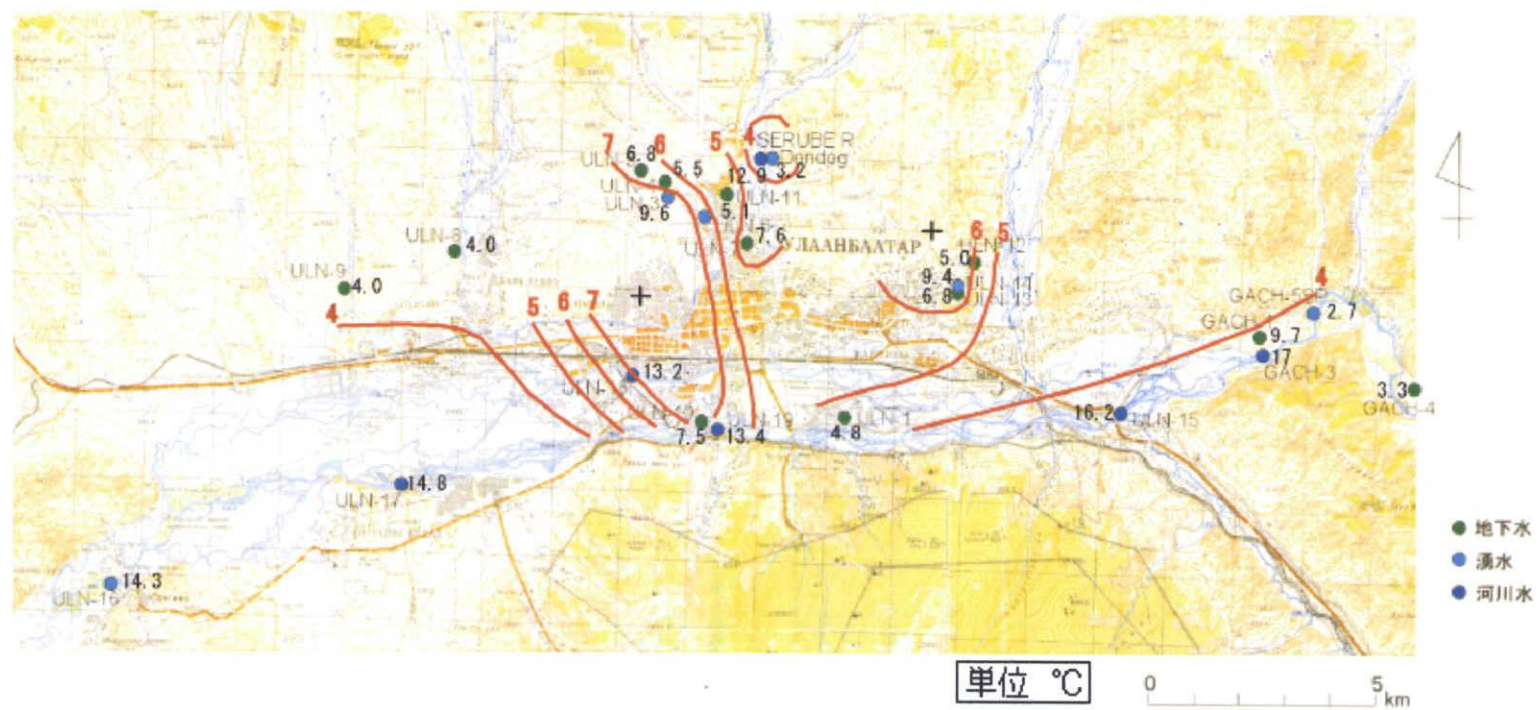
GACH-3 や ULN-10 の井戸についてみると、段丘面上の井戸や丘陵地の井戸と比べると、電気伝導度の値は非常に低く、トール川のそれに近いことがわかる。このことは、これらの井戸の地下水が、トール川河川水からの涵養を強く受けていることを示している。実際にこれらの井戸の分布する地形面は、段丘崖下のトール川河川敷のレベルとほぼ同じであることから、河川水の影響を強く受けやすいことがわかる。一方でトール川に近いが段丘面上に位置する ULN-1 は  $426 \mu \text{ S/cm}$  という値を示している。これは、北側丘陵地から流動してきた地下水とトール川から涵養された水が混合したことを示しているといえる。この地点より北側の丘陵地と段丘面の境界付近に位置する ULN-7, 11, 12, 13 といった地点の電気伝導度は非常に高い。同様に ULN-5 を最上流部とする谷の電気伝導度も高いのであるが、こちらの井戸の掘削深度は非常に浅く人的負荷の影響を受けやすいのに対し、これらの井戸の掘削深度は  $30\text{m} \sim 72\text{m}$  と非常に深く、人的な影響を強く受けているとは考えにくい。すなわち丘陵地と段丘面の境界付近では、トール川河川水の浸透水の影響を強く示すと考えられる沖積層の暑さがそれほど厚くなく、トール川系の地下水よりは丘陵地側からの地下水の流量の方が多いと考えられる。これらの深井戸が分布する地域の北側には、南北に沖積層の分布が認められることから、この層を帯水層とした丘陵地側からの地質の影響を強く反映した地下水の流動が存在すると考えることができる。



図/2 ウランバートル市街地における電気伝導度の分布

次に図 13 に示した水温の分布や図 14 のトリリニアダイアグラムで水質組成をみると、丘陵地起源の水質と考えられる ULN-7, 11, 12, 13 の水温は 4 ~ 7 °C 程度であるのに対し、電気伝導度が高い浅層地下水の ULN-3 や 5 をみると水温はさらに高いことがわかる。また、トール川の影響を受けていると考えられる地点の水温は、トール川の水温に極めて近い。

図 14 の水質組成では、丘陵地起源の地下水やセルベ川の水質組成が  $\text{Ca-Mg-Cl}$  型を示しているのに対し、トール川やトール川の影響を受けていると考えられる地点では  $\text{Ca-HCO}_3$  型の水質組成を示している。このことから北側の水質濃度の高い深井戸の地下水は、トール川から涵養された地下水とは異なる起源の地下水であることがわかる。ULN-5 の谷の各地点の水質組成は、顕著な  $\text{Ca-Cl-Mg}$  型を示す。このことは、住宅化が進むこの谷においても地質的には北側丘陵地の水質にみられる一連の水質組成を示すものの、地下水が流動する深度が極めて浅いため、人間生活の影響も強く受けていることが考えられ、 $\text{Cl}$  や  $\text{SO}_4$  の割合が高くなったものと考えることができる。



図/3 ウランバートル市街地における水温の分布

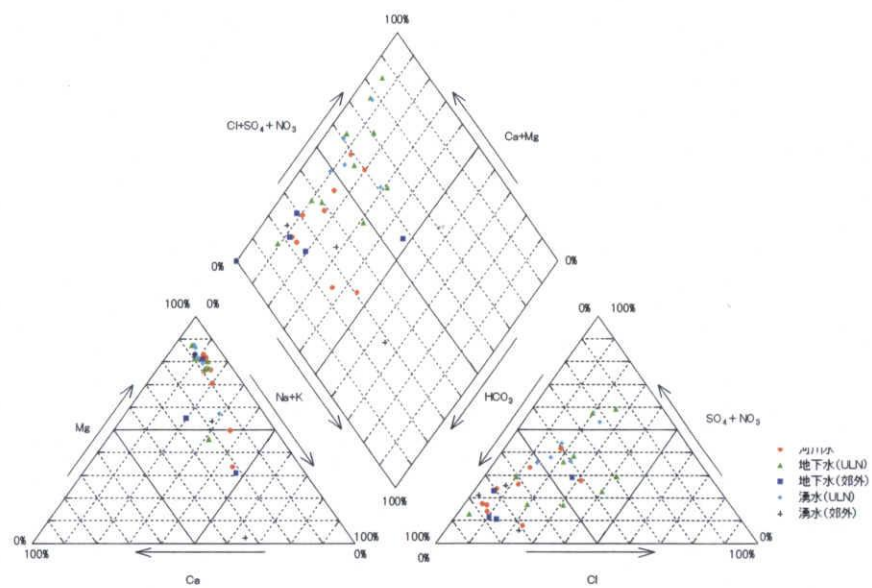


図 14 トリリニアダイアグラムでみた水質組成

さらに、人的な負荷を受けたときに顕著に濃度が上がる可能性のあるいくつかの元素について、濃度分布から検討を行う。

図 15 は、 $\text{HCO}_3^-$ 濃度の分布を示したものである。この図からも電気伝導度が高く、井戸深度も深い ULN-7, 12, 13 の各位戸において、 $\text{HCO}_3^-$ 濃度が高いことが示されている。 $\text{HCO}_3^-$ 濃度は、地下水流動の滞留時間で考えたとき、一般的には滞留時間が長いほど濃度が高い。従って、これらの地点で  $\text{HCO}_3^-$ 濃度が高いという事実は、北側丘陵地から涵養された地下水が、深層部を流動してきた結果であると考えることができる。一方でトール川近傍の地下水や浅層地下水の  $\text{HCO}_3^-$ 濃度は相対的に低く、滞留時間としてはあまり長くないことが示唆される。

図 16 は  $\text{NO}_3^-$ 濃度の分布を示したものである。人的な影響を強く反映する  $\text{HCO}_3^-$ 濃度は、ULN-7 や 13 では低くなっている。一方深井戸の中で、ULN-12 については  $\text{HCO}_3^-$ 濃度が高くなっている。これはこの井戸の構造がダブるスクリーン構造になっており、深度 56m 付近の他に、浅層部である深度 9m 付近にもスクリーンを切っていることから、浅層地下水の影響も入ってしまっていると考えることができる。ULN-11 や ULN-5 の谷に沿った各地点については、 $\text{HCO}_3^-$ 濃度は高く、これらの地域が人的な影響を強く受けていることを示している。ウランバートルの上流部にあたる GACH の各地点や、市街地のトール川付近の地下水については、 $\text{HCO}_3^-$ 濃度は低い。



図/5 ウランバートル市街地における $\text{HCO}_3^-$ 濃度の分布



図16 ウランバートル市街地における $\text{NO}_3^-$ 濃度の分布

#### 4. 西部地域の地下水・河川水・湧水・池の水の調査結果と考察

西部地域の地下水・河川水・湧水・池の水の水質は地点によって大きく異なる。写真 7 にも示した **west-1** の井戸の水質は、ウランバートルの地下水の水質と比較して、**NaCl** 濃度に富んでいることがわかる。また、この井戸の近くに分布する池（溜まり水？）**west-3** の水質は、各元素とも非常に高い。これは、深層部の地下水がこの地点で湧出してオアシス的な存在を作り出しているのか、浅層地下水の流出口がこの位置にあたり、恒常的に湧出があるものの、蒸発作用も盛んで濃縮によってこのような濃度になっているのかは今後分析を行う必要がある。**West-4** の湧水や **west-6** の河川水は、周辺の丘陵地がすぐ近くに存在するため、涵養源としてはあまり遠くないところに位置していると考えることができる。**West-7** は河川源流部の湿地であり、**Cl** 濃度も高くないことから、東側の山地から涵養された水が、この地域に湿地を形成しているものと考えることができる。いずれの地点においても **NPO<sub>3</sub><sup>-</sup>** 濃度はウランバートルの地下水と比較するとかなり低い。これは、これらの地点が、開発をはじめとする人間生活の影響を受けていないことを意味している。**West-4** については若干高い値を示しているが、これは池の水を飲みに馬をはじめとする動物が集まってきた際に、排泄する影響が出ているものと考えられる。

表 2 西部地域の水質

	Na	K	Ca	Mg	SO4	HCO3	NO3	Cl
west-1	71.0	5.8	82.3	109.8	72.6	659.9	42.6	67.4
west-2	177.4	10.7	73.8	63.4	217.2	437.4	1.0	164.8
west-3	803.6	36.7	368.5	15.8	150.9	2728.7	23.2	508.0
west-4	59.9	21.8	40.4	73.0	60.5	421.4	86.6	32.5
west-6	67.2	7.3	29.9	28.5	21.3	299.0	6.5	57.9
west-7	62.9	3.7	22.7	47.5	49.3	307.2	5.8	17.1

単位 : mg/L

## VI 各地点における地表水・浅層地下水・深層地下水の混合形態の推定

各地点の電気伝導度や溶存イオン分布，水質組成の地域的差異から，各地点において流動している地下水の種類が明らかになってきた．ここでは，それぞれの地下水がどのように混合しているかについて考察してみる．

図 17 は，各サンプルの Na/Cl 比をみたものである．図中に示した Na/Cl 比 0.85 の回帰線は，一般的な海水の比をとったものである．これによれば，濃度は低いものの丘陵系あるいはトール川の Na/Cl 比がこの回帰線上に載てくることがわかる．これに対して，ULN-5 の谷に沿った地点の水は，ULN-8 のプロット位置あたりから大きく Cl 方向にずれていくことがわかる．また，丘陵と段丘面の境界付近の深井戸の地点は，0.85 の回帰線と ULN-5 の谷の直線の上にプロットされることがわかる．さらに，Na 方向にずれる地点もいくつか存在し，それらは ULN-13 や ULN-14 といった丘陵系の地下水や湧水であることがわかる．Na 方向にずれる場合，Na は地質からの溶出である場合が多いとされているため，これらの地域では，地質の影響を強く受けていると考えることができる（山本，1987）．

これらの性質を利用して，Na 溶存系，ULN-5 の谷系に沿って回帰線を挿入したものが図 18 である．海水系の起源を持ったラインと，Na よりにずれるものの地質の影響を強く反映したライン上にプロットされるものに関しては，水質にほとんど人的な影響を受けていないと考えることができる．一方で，海水ラインから右側（Cl 側）にプロットされるものに関しては，人的な影響を受けていると考えられる．こちら側のラインに載っている ULN-5 の谷筋の各地点は，この地域が新たに住宅地として張って途上にある地域であり，上下水道の整備が遅れていることから家庭排水の影響を浅層地下水や地表水が強く受けていることを示している．また，この地域の下流部に位置する深井戸 ULN-11 や ULN-7 についてみると，谷筋に非常に近い ULN-11 は ULN-5 のラインに載ってしまう程度に汚染の影響を受けていると考えることができる．また，ULN-7 については，海水系のラインとの間にプロットされることから，これらの 2 種類の水が混合した形で，水質が形成されているとみられる．ULN-13 につい



ては、同様に考えたとき、この地域もまた丘陵地の奥に向かって住宅地が拡大している地域であるために、ULN-5 の谷と同じような影響が出るのが考えられる。しかしながら、ULN-13 の掘削深度は 72m と非常に深いことから、その影響は ULN-7 や 11 ほど強く出ることはないため、ULN-14—ULN12 のラインから Cl よりに若干ずれた位置にプロットされたとみることができる。

次に、Ca/Mg 比についてみたものを図 19 に示した。この図では ULN-12 および 13 の比率が他の地点と大きく外れ Ca 成分が非常に大きいことを示した。また、ULN-7 や 11 については Mg 成分が大きいことを示した。このような状況は、谷は隣接しているが、ULN-12・13 が分布する地域と、ULN-7・11 が分布する地域とで地下水流動を考えたとき北方にあたる上流部の地質が若干異なることを示唆している。特に ULN-12 および 13 については、他の各地点がトール川河川水を含めてほぼ直線上にプロットされるのに対して、そのラインから大きく外れることから、ULN-12・13 付近の地質が特異的なものであることが示唆される。さらに各井戸の掘削深度と  $\text{HCO}_3^-$  濃度の関係をみてみると（図 20）、やはり ULN-12 と 13 は、他の地下水・湧水のラインから外れ、高濃度側にシフトし、この地域の地下水の水質が特異であることを示している。Graphic Atlas of Mongolia(2004)の地質分布図をみてみると、これらの谷の間に断層が南北に走っていることから、このような地質条件が地下水の水質に何らかの影響を及ぼしていることが考えられる。

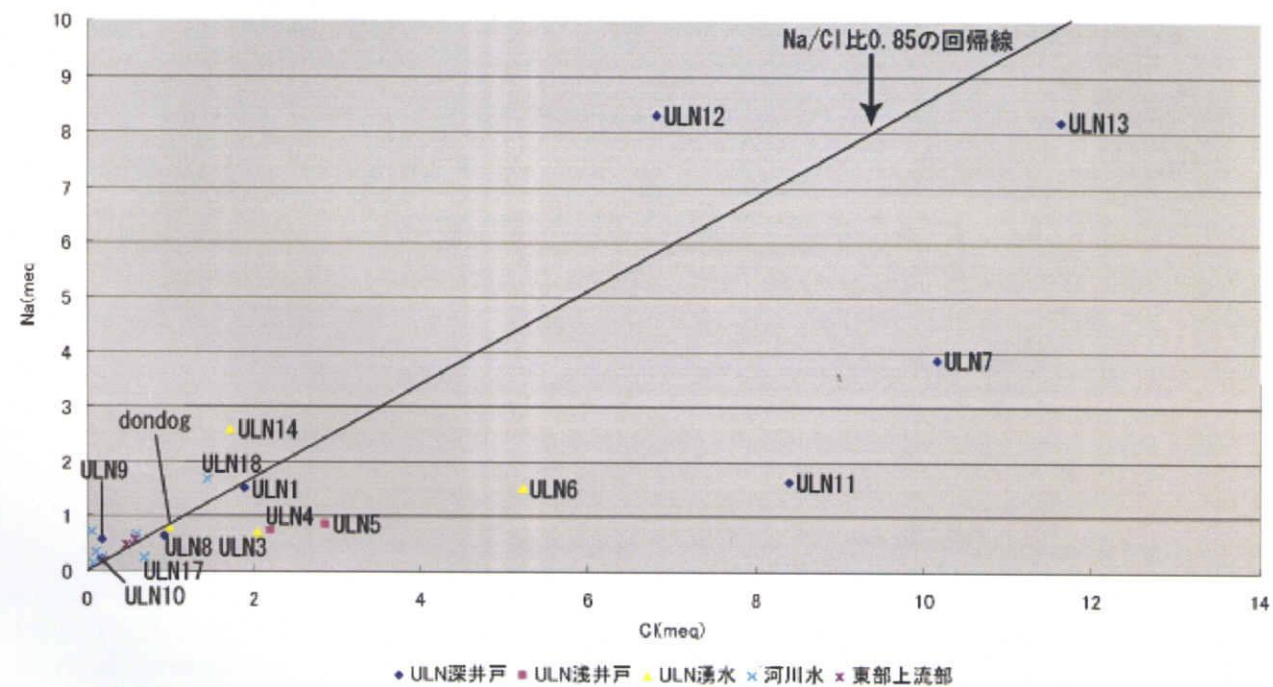


図7 ウランバートル市街地における地下水・河川水・湧水のNa/Cl比

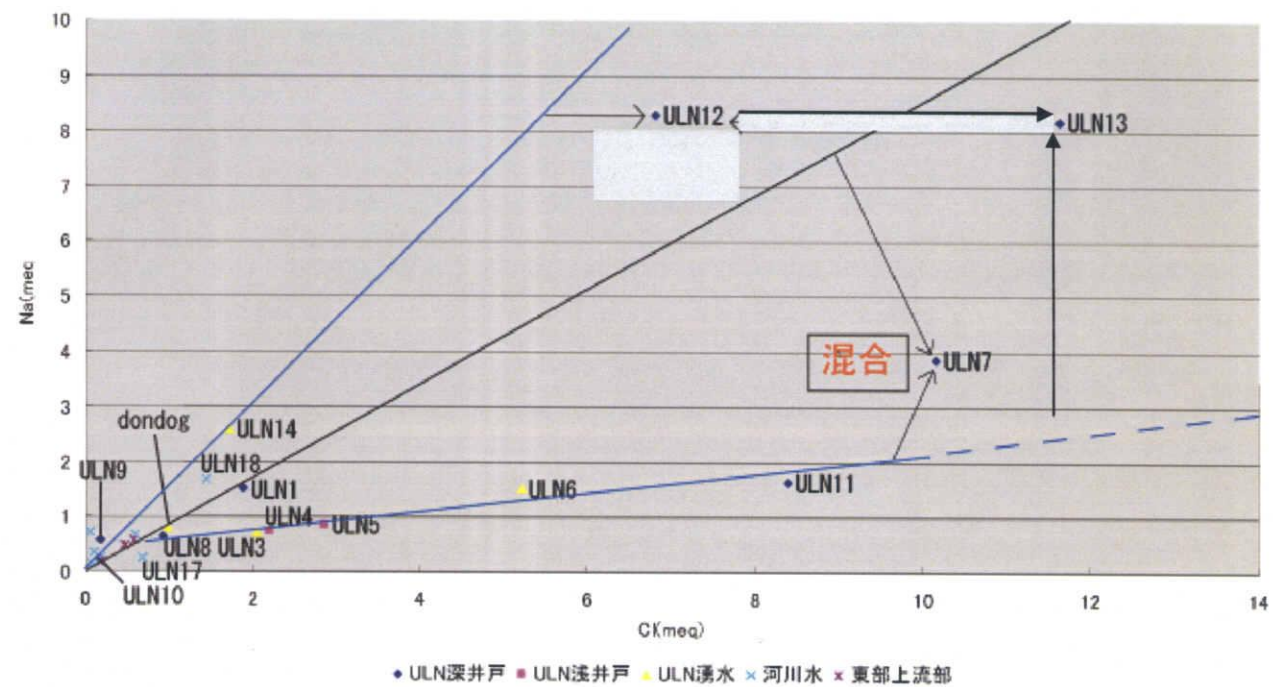


図18 ウランバートル市街地における地下水の混合形態の推定

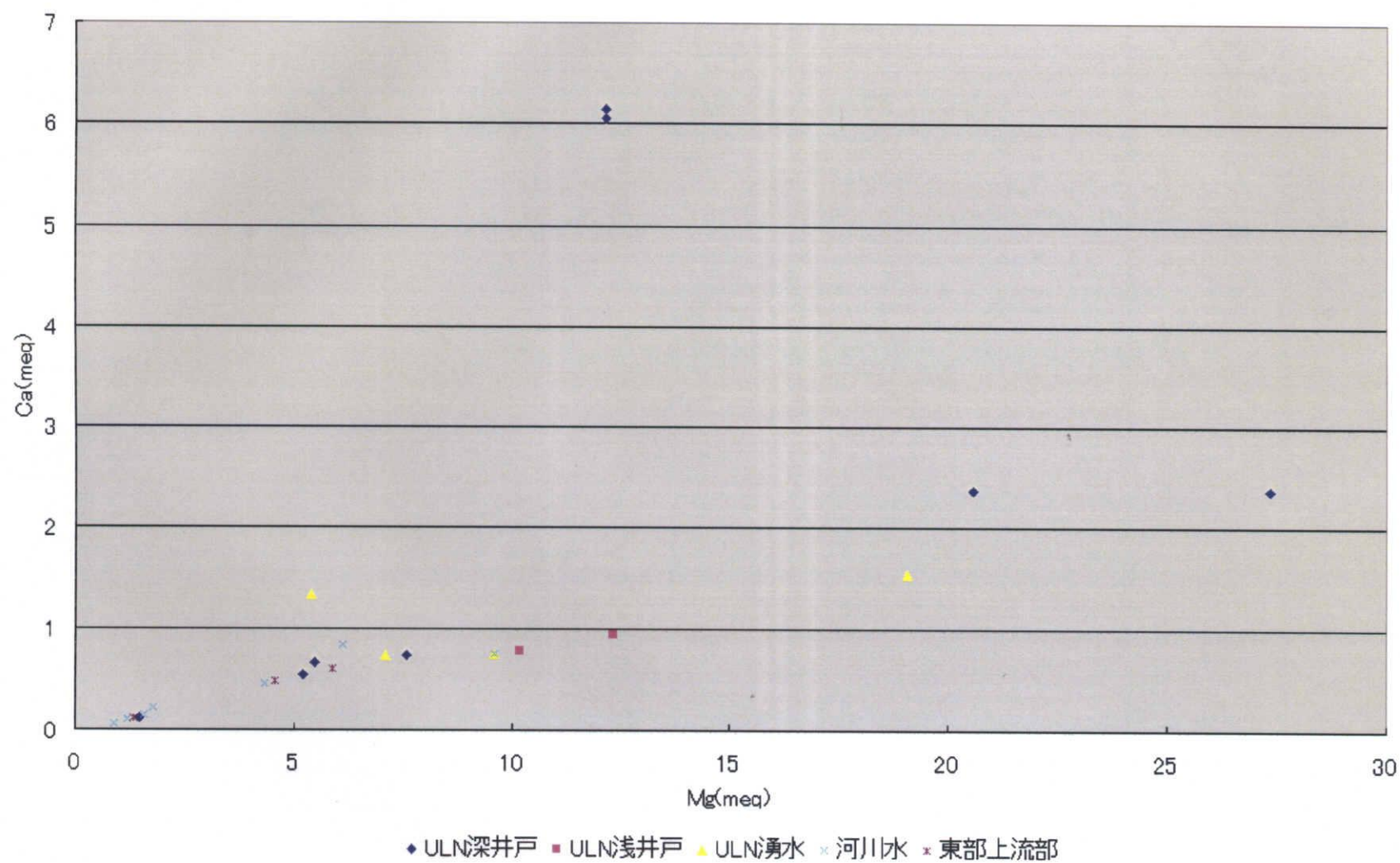


図19 ウランバートル市街地における地下水・河川水・湧水のCa/Mg比

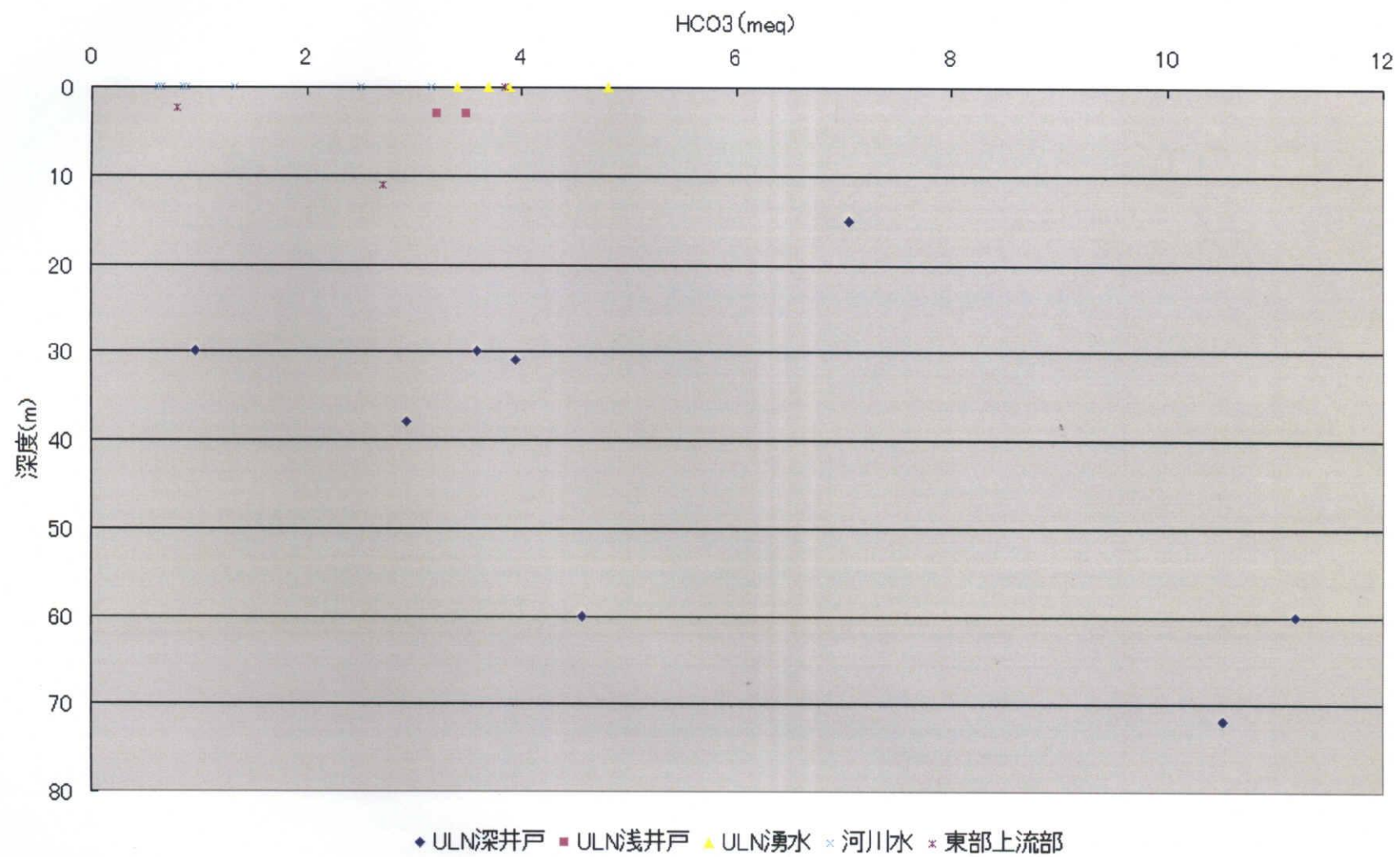


図20 ウランバートル市街地における地下水・河川水・湧水の $\text{HCO}_3^-$ 濃度と深度の関係



## VII まとめ

本研究から明らかになったことを以下にまとめる．

- ・ ウランバートルにおける地形は，トール川近傍の定位面と市街地が分布する高位面，新たに住宅化が進む丘陵斜面に分類される．
- ・ 地下水の水質は，北側丘陵起源の水質を反映する深層地下水とトール川の浸透水の影響を受けた地下水，新興住宅地において局所的にみられる汚染された浅層地下水が存在する．
- ・ 元々の地質を反映した地下水は，2種類存在し，市街地北東部地域の地下水は，他の地下水と比較して特異な水質を示す．
- ・ 深層地下水の一部には，新興住宅地にみられる人的負荷を受けた地表水や浅層地下水の混合がみられ，水質が悪化している傾向がある．
- ・ 西部地域における地下水・地表水の水質には，ウランバートル地域と比較して人為的負荷はほとんど無い．一方で，地表水には蒸発による塩類集積の傾向が認められた．

## 参考文献

- 辻村真貴，安部 豊（2005）：名水を訪ねて(68) モンゴル・ヘルレン川流域の地下水．地下水学会誌 47.1, 125-135.
- 柏木健司，束田和弘，栗原敏之，丹羽正和，常磐哲也（2005）：モンゴルの地質探訪記（その2）：モンゴルの地質と地質調査．地質ニュース，605，55-60.
- 高橋裕平(2004)：モンゴルにおける鉱業活動．地質ニュース，600，18-24.
- 高橋裕平，N.イチノロフ，S.ジャルガラン，S.ヒシグスレン，J.ハムスレン（2004）：モンゴル国ウランバートル付近の地質見学．地質ニュース，603，12-19.
- 石原舜三（2005）：フッ素に富む国，モンゴル：オンゴナイトを訪ねて．地質ニュース，610，6-16.
- 山本莊毅（1987）：新版 地下水調査法．古今書院
- Administration of Land Affairs, Geodesy and Cartography(2004): Geographic Atlas of Mongolia. Zurag Zuy Co.,Ltd 61p.
- D.S. Pavlov, T. Galbaatar, R.V. Kamelin, N. Ulziykhutag(ed.)(2005): Ecosystems of Mongolia Atlas. Russian Academy of Sciences Institute of Ecology and Evolution, Mongolian Academy of Sciences Institute of Botany, Joint Russian-Mongolian Complex Biological Expedition, 48p.
- Institute of meteorology and hydrology of Mongolia(2005)
- Tsagaan nom(2002)185, 195-196
- D.Davaa(1999): Surface water of Mongolia 1-3,12-13
- Mongolian Academy of Sciences Institute of Geography( No. 2,2003):Geographical review of Mongolia80-81
- 文部省：学術用語集（地理学編）