

第6回 城陽市環境フォーラム
講演会「城陽市の地下水を考える」

「城陽市の地質と地下水流動特性について
—環境に配慮した持続的な地下水利用に向けて—」

講師：楠見晴重 氏
(関西大学環境都市工学部教授)
場所：東部コミュニティセンター
日時：平成19年11月18日(日)
13時30分～

ただいまご紹介いただきました関西大学の楠見でございます。本日は非常に天気もよく、今ちょうど京都は紅葉のシーズンでございます。

まず私の今日の講演のタイトルでございますけれど、「城陽市の地質と地下水流動特性について」、副題といたしまして「環境に配慮した持続的な地下水利用に向けて」ということでございます。

これは城陽市ではないのですが、皆さんご存知の清水寺の紅葉の風景でございます。

まだ少し今年は暖冬で、このようには紅葉していないと思うのですが、もう少し、たぶん 12 月の初めころになるのではないのでしょうか。清水寺でございますが、当然みなさん京都にお住まいでございますから私よりよくご存知ではないかと思いますが、この清水寺のところに音羽の滝がございます。これがその音羽の滝でございます。実はこの音羽の滝の水は東山から出てくる地下水でございます。京都というのは都が置かれて 1200 年なのですけれども、この地下水、京都のこの清水寺の水も 1200 年以上東山から絶えることなく出てきております。非常にきれいな地下水が常に流れて 1200 年以上絶えることなくこのような水を常に出しているお寺でございます。京都は非常に水にまつわることが多いのですが、代表的なもののひとつがこの清水寺でございます。

私のタイトル、まず最初に京都盆地がどうなっているのか、(城陽市は京都盆地の中にありますから、) 特に地下水がどのようになっているのかをご説明させていただきます。どうしても私は工学系ですので少し専門的な言葉も入るかも知れませんが、できるだけ噛み砕いてお話をさせていただきたいと思います。

これがその京都盆地のところでございまして、非常に南北に細長くて、南北にだいたい 32 km、東西のいちばん広いところで 12 km あります。城陽市はこのあたりに位置しているのですが、京都盆地というのはそこに大きな河川が 3 つ流れ込んできています。北から桂川が入ってきて、この天王山と男山のところですね。宇治川が琵琶湖から流れて来ていて、やはり天王山と男山のところへ流れ込んで、さらに伊賀上野のほうから木津川が北上して天王山と男山、ここからひとつの河川となって淀川として大阪湾に流れ込んでくるというようになっています。

実はこの盆地に非常にたくさんの地下水が溜まっております。盆地には普通、地下水がけっこうあるのですが、それにしてもこの構造は日本でも非常にまれなものです。今申し上げたように、例えばこの亀岡のあたりで降った雨はこの桂川、あるいは鴨川、こういうところを流れて京都盆地に入ってくる。

次に琵琶湖ですね。琵琶湖に水が入ってくる河川はたくさんあります。ただし出口はここひとつしかないですね。琵琶湖の水の出口はここ(宇治川)しかありません。この水が京都盆地に流れ込んでくる。すなわち琵琶湖の北部の余呉とかで降った雨も琵琶湖を介して宇治川を介して必ず京都盆地に入ってきます。

一方で、こちら伊賀上野で降った雨は木津川を介して必ず京都盆地に入ってきます。地下水の大きな供給源のひとつは、この 3 つの川、それとこの辺の地質、周辺の地質、そう

いうものがございます。こういうところで降った雨が必ず京都の盆地に入ってくるということです。

もうひとつは地形的な要因ですが、ここ天王山と男山のこの部分がいちばん注目されるところで、今申し上げた衛星写真、こっちのほうが見やすいと思いますけれども、先ほどの三つの河川ですね。これは旧巨椋池の干拓地、ここが琵琶湖、ここが京都市内で、ここは天王山と男山、一番狭隘な部分であります、いま流遇した地下水というのはいろんなところから滲みこんで地下に入っていきますけれども、出るところはここ一箇所しかない。

ここ天王山と男山というこの地質というのは、地下でつながっておりまして、これは非常に固い岩盤でできています。古生層という約 1 億年くらい前から 1 億 5 千万年前からこういうもので、ここで見えないのですが、実際地下でつながっております。あとで証拠をお見せしますけれども、すなわち地下で岩盤でつながっているということは、ここは自然の地下のダムになっている。

地下水はどんどん滲み込んで中に入りますが、地下水というのはいったん入ってまた出たりしますから、出るときは川のところから出たり、あるいはこういうところから出たりします。しかしこの狭隘部があるために地下水が非常に溜まりやすい構造になっている。こういうことをひとつご理解していただきたいと思います。

もうひとつはこのあたり、バックはいったいどうなっているかというのは京都盆地の大きな特徴でございますけれども、先ほど申し上げたこれが旧巨椋池のところ、ちょっと古い地図なのですが、この部分を京都大学の防災研究所なんかが地下の構造を調査したデータがあります。それを簡単に書きましたが、この巨椋池のあたりですね。このあたりは木津川を挟んで天ヶ瀬ダムのところ、石清水八幡宮のあたり、男山ですね。大阪層群というのは実は土砂であります、これがいちばん深いところで約 800m 堆積しています。やはりこの下におわん状に岩盤が、古生層という岩盤があります。これは地下水を非常に通しにくい。こちらが大阪層群、粘土と砂礫と順番に互層になっている。こういう構造になっていて、ここに地下水がたくさん溜まっている。さきほど申し上げたように、地下水というのは河川からの流入がありますし、雨が入ります。あるいは周辺から降った地層境界から入ってきた水が地下水として溜まっている。

もうひとつは先ほどの三川合流地点ですね。この部分、男山と天王山、これは、この下で古生層とつながっています。この淀川のところ、僅か約 1 キロ程度ですけれどもだいたい 30m くらい地下、沖積層に溜まっております。すなわちこれがバリア、地下のダムになって、地下水の流出を食い止めている、そういう形になっている。すなわち大きなおわんがあつて上部に少し出口があるという、そういう構造に支えられている。

従って城陽市もそうですし、宇治市、八幡市とか京都市もそうですが、地下水がけっこうたくさん溜まっている。すなわち水を含んだスポンジの上に京都府民の方が住んでおられるとそういうことになっています。こういう地下水が溜まりやすい自然の構造が、まずひとつの大きな構造になっています。

実際に、この地下水の利用をするためにはいったいどれくらいの地下水を安全に、しかも周辺の環境に害を及ぼさないように使って行けるかというのは、やはり量がどれくらいあるのかをある程度把握する必要がある。そうしないでむやみやたらに使うと、地盤の沈下とかあるいは地下水汚染とかそういう地下水障害とかが発生します。ですからそういうことがないようにしっかりとその辺をつかんでいく必要があると思います。

それで、京都盆地の地下の構造をしっかりと把握するためにボーリング調査を行っております。京都市内で2ヶ所、3ヶ所やっておりますけれども、これは京都市内の南のほうですけれども、これがボーリング図です。この場所が横大路の付近だったと思いますが、ここでだいたい225mで岩盤に当たっています。その上、ここは土砂になっていますけれども、この水色で示しているところ、これは粘土層でありましてですね、これは非常に粘着性の高い粘土です。すなわち、これを分析してやると、もともと京都盆地が海であったことがわかります。海成粘土、海から成った粘土、京都盆地が海であったときに、粘土が溜まってきます。（海や湖になっていると粘土が溜まってきます。）それが砂とか砂礫は、陸域であったときに溜まってくる。それを地球というのは何回か繰り返します。

それがだいたい400万年から500万年位のあいだに、少なくとも5回京都盆地は海になっている。大阪平野はそれが同じ期間に12回海になっています。こういうのは地層を調べてやればわかるのです。それとこの間に砂礫のところがあります。ここに全体的に地下水が溜まるのですが、地下水の利用というのは砂礫のこのようなところを使っていきます。

これが地質的には、だいたい城陽市においても、深さはもう少し深くなりますが、こういう地層的な層順というのは変わらない。

これが京都盆地の形成で、簡単にいいますと古生層、古生層というのを我々は専門的に丹波層群といいます。先ほど申し上げた天王山、男山、こういうところの岩盤は古生層の丹波層群という名前がついている。丹波層群というのは範囲が広くて丹波地方の山はほとんど丹波層群で成り立っている。昔こういう状況があって、何らかの形で地層の変形、いったん海だったのが今度は陸になります。すると今度は逆に海が進行してきます。そうすると粘土が溜まってきます。これを何回か繰り返して京都が5回、大阪が12回、今、地球温暖化が問題になっていますが、地球というのは氷河期を迎えたり間氷期を迎えたりしています。400万年から500万年というのは、地球の歴史からすれば一瞬、瞬きくらいの一瞬、その間にも12回、氷河期を迎えています。そういう地質で京都盆地は成り立っています。

この構造、今だいたいのアウトラインをいいましたが、もう少し精密にこの構造をしっかりとつかんでいかなければいけない。たまたま阪神淡路大震災があって以降、京都、特に京都市内は文化財や歴史的建造物が多いですから、そういうものを地震から守る必要がある。そのためには活断層が京都盆地にどのくらいあるのか、いつごろそれが動く可能性があるのか、ということで弾性波探査、地震探査というのを京都市内でけっこう行っております。

最近コンピューターの発達で非常に精度よくそれができるようになったのですが、こういう人工的な波を地下に入れると、これが反射してくる。どこか地層境界から反射してくる。それをピックアップの受信機を並べてとらえて行く。海上であってもこれができる。

もともと石油をみつけるためにこれをやっていますが、今は活断層調査とか、あるいはもっとほかのこういう地層構造をしっかりとらえるため、これを行うことがよくあります。

これは反射法の人工震源ですね。こういう大きなバイブロサイス（起振機）という重機、この写真では二条城の前でやっています。堀川通りの南北にずっとこれをやりまして、その結果をコンピューターで解析して結果を出していきます。

これが堀川通りの真下で、こういう地層構造、この基盤岩というのは古生層です。非常にがたがたになっていますね。古生層というのは1億5千年前ですから、何回もこれが動いているんですね。地層というのは年代が非常に長いんですが、けっこう動くのですね。

日本の場合は特にこれが動いているんですね。この上が地層が並んでいるところ、ここが洪積層、ここに地下水が溜まるのです。北山通り、丸太町ときて、名神高速、横大路、宇治川、巨椋池というこのラインをみると、こういう構造になっている。これは京都市の防災室、今は危機管理室というんですが、そこが行なったものです。余談ですがここに活断層があります。地層がちょっとずれているところがありますが、ここに活断層があります。こういう調査を京都市内ではいろいろとやっています。五条通もやりましたし、ほかの通りもやっています。

もうひとつですね、経済産業省の産業技術研究所が独自にさきほどの反射法でおこなっています。ちょうど男山、天王山、三川合流地帯、さきほど申し上げたとおりこの部分が非常に浅くなっています。この側線上を解析結果で表したのがこれです。ここはベースメントというのが岩盤です。この辺のきれいに地層が入っているところが大阪層群の地層ですね。それがこの辺から急激に上がっていくのが男山の付近です。

京都盆地を三次元的にこういうモデルを作りました。これが大学の研究室で作ったものなんですけども、一番深いところで800mあります。この下、ここに地下水がたまっている。それを京都盆地の中にどれくらいの地下水が具存しているのかというところを、ある程度わかりやすく書いていますけれども、先ほどの三次元のデータを使ったり、あるいはボーリングの結果を使ったり、いろいろ使いましてそれは細かく計算しているのですよ。京都盆地の貯水量は211億 m^3 という量が今の計算上わかっております。この量はおおかた琵琶湖に匹敵して、琵琶湖はだいたい275億 m^3 ありますから、量的にはほぼこれに近い。それくらいの量の地下水、若干こちらのほうが小さいですけども、京都盆地に地下水が溜まっているのがわかります。

211億 m^3 はどのくらい使えるのか。全部使うことはできません。全部使ってしまうと被害が当然出てきますから、どの位使えるのか。京都市の上水道は琵琶湖疎水からですが、それ以外の八幡市も宇治市もあるいは京田辺も上水道の大部分、あるいは一部に地下水を使っています。特に城陽市のように上水道の80%を地下水にたよっているところもある。

また、民間の井戸、あるいは農業用の井戸、工業用の井戸という地下水の利用が非常に盛んなこの地域ですが、これを安定的に持続的にこれから将来にわたって利用していく必要がございます。そのためには城陽市の維持管理をいかにうまくしていくか、揚水のシミュレーションというか、ここの地下の地質状況をうまくコンピューター上でモデル化して、そこから地下水をくみ上げていく状況をモデル化して、コンピューター上でこれくらいの量を揚げればいったい城陽市の地下水はどうなるか、あるいは5年後10年後城陽市の地下水がどうなるか、こういうことがわかるようなモデルを作っていく、これを今やっております。

これが城陽市の浄水場でございます。城陽市は3つの浄水場を持っています。

まず第1浄水場、いちばん古く昔からあるところでございますが、ここには4本の揚水井を持っています。山側ですのでそんなに深くないんですね。深度は160mから200m程度。1本あたりの井戸の適正揚水量が1日当たり1500m³であり、この浄水場で1日あたり6000m³程度くらい揚げます。1500m³くみ上げる井戸1本あたりの量、これがいったいどのくらいの量なのか。いま水洗トイレとかウォシュレットもありますし、日本人はだいたいほぼ毎日お風呂に入ります。そういうものを全部換算してだいたい4人家族で1日1m³くらい使います。そうするとこの1500m³というのは、4人家族の家庭のだいたい1500世帯分をこの井戸1本で揚げています。ここが第1浄水場ですね。

次に第2浄水場というのがございます。ここは5本の揚水井があつてこれも少し山側のほうですけれども、1本は300mの井戸があつて、あとは160mから230mです。適正揚水量は1日当たり1400m³から2000m³、実際には適正揚水量というのはいちばんマキシマムな値だと思ってください。実際にはもう少し抑えながら上下水道部は使っておられると思いますが、それぞれの井戸に対してこれくらいが揚げる限界だと考えていただけたらけっこうです。

これが第3浄水場で、ここは井戸が7本ございます。ここは地下水がたくさん取れるところです。木津川にも近いですし、深さ300mくらいの井戸がたくさんございます。適正揚水量も1日当たり2500m³から4000m³という非常に大きな値です。非常にたくさんの水量を揚げています。城陽市には井戸が今のところ18本から20本弱ありますが、これを年間トータルでだいたい800万m³、これくらい使っています。

これが上水道の取水量の変遷でございますが、1979年から各浄水場ごとに表したものです。この下が府営水を表しておりますけれども、一時に比べますと市のトータルの使用量は最近若干減り気味でございます。地下水を800万m³あるいはそれを少し下回る量を1年間に揚げています。これはほんとに量的にはすごい量ですね。毎年ある1ヶ所で地盤沈下を計測しておりますけれども、目立った地盤沈下は起こっておりません。たくさん井戸のある第3浄水場で沈下を測っておりますけれども、ほとんど沈下は起こっていない。そういう状況でございます。

ちょうどこの南山城、ここの部分ですね。ここの地層モデルを作成していくわけですね

れども、これが京都の城陽市。城陽市はこのあたりですけれども、これをひとつモデル化するためにはあるところで境界を設けていかなければならないんですけれども、木津川を水理境界、こちら宇治川を水理境界、この辺に山側の地下水域境界を持ってくる。ここに先ほど申し上げた第1、第2、第3浄水場の井戸を入れる。またこれを3次元的に、メッシュと言いますが、ひとつひとつ区切りまして、地下水の地層モデルを作って、なおかつコンピュータを使って、先ほどの平面的にみた区域を区切っていきます。

これをコンピュータを使って計算させてやる。それと地下水の流入量も考えますし、降雨量も考慮します。

これは考え方が非常に難しいですが、降った雨は全て地下に浸透するわけではないんです。場所によります。場所というのは、都市化が進んでいるところでは上がアスファルトあるいはコンクリートですね。これはあまり地下に浸透しない。地表で流出してしまって河川に入る。田んぼとか畑とかあるいは公園とかあるいは緑地、そういうところは地下の浸透がけっこうあります。そういうところで降った雨の3分の1からもうちょっと多いくらいが浸透して、コンクリートやアスファルトのところはほとんど浸透しない。それ以外のところは中間程度くらい。

そういうのを細かくデータとして与えてやると、地層モデルが出来上がります。城陽市と先ほどの関与を決めたモデルを作って、地層モデルを作成しております。先ほど申し上げたいような条件をここに入れておりますし、民間の井戸も主なものは入れています。

これをいろんな境界要件を持つことによって、少し難しいんですけれども有限要素法という解析コードをつかって計算してやる。先ほど解析モデルを使って計算を行ったものがこのピンク色のもの。解析結果だけを表してやりますと、これは非常になかなか難しい。正直いって地下の見えないところをうまく表していかなければならない。解析データを入れていくのは、大部分が実際に計測したデータです。ただし全部が計測したデータではなく、一部推測しているところがあります。そういうところもあって、例えば「1の2」、第1浄水場2号井のところは実際とは少し離れています。

これは第2浄水場のデータですね、第2浄水場の5号井と団地井、これは比較的よく合っている。さっきの第1浄水場もそうなのですが、少し急な勾配のところは地形がどちらかといえば複雑になっています。坂が多いところですね。こういうところは水位を表すのが非常に難しい。地下水位というのは平面的だったらいいのですけれども、地層が起伏しますと水位の起伏も当然あるわけでそこをうまく表すのがけっこう難しいのです。この解析モデル、第2浄水場は山側にありますから、そういう非常に難しい地形であっても比較的よく合っているということが言えると思います。

第3浄水場のところ、ここは平川のところですから、どちらかといえば周りに田んぼの多いところですね。そんなに起伏がないところですね。例えば観測値はここでぐっと上がっている。不連続的に上がるというんですけれども、これを解析的に表すのは難しいのです。ちょっと上がり過ぎているところもあるんですけれども、この解析モデル、やはり正確さが

現れていると言えるんですね。多少解析値がふれておりますけれども比較的よく合っている。こういうデータが 2000 年から 2004 年、2005 年、2006 年、だいたい 5 年くらいのパターンをシミュレーションしてきているわけですが、比較的よく合っているのです。

これは何を目的としているかというと、将来このまきみ上げていくと、地下水位はいったいどうなるか予測することが可能です。城陽市で、量をもっと取ったらどうなるかということも予測できます。将来にわたって予測がこれでできます。城陽市の地下水の維持管理をこれを使っていく、こういうものがあれば比較的うまくやっていくことができます。これで完璧かといえばそうではなく、もう少し精度よくしていく必要があります。今まだ私の研究室の学生が、研究しておりますけれども、現時点でこれくらいの精度はあるといえます。

城陽市の地下水をうまく維持管理していくために、こういうモデルを使っていくとよい。あちこちに観測井というのがありますから、観測井も今計測しています。そういうデータも使って管理していくことで、城陽市の地下水の水源が適性に保たれる。年間約 800 万 m^3 を揚げるわけですから、この量を持続的にこれからも揚げていくというのなら観測井データも必要となる。あるいは先ほどのシミュレーションのモデルも使いながら、どちらかといえば工学的にしっかりとしたデータでそれができる。

ただ地下水の汚染というのが最近よく言われます。昔からもあったのですが、質の問題ですね。こういう汚染の問題、これはあとで講演される中室先生がお詳しいのですが、地下水土壌汚染というのはここにありますように、いろんな原因が、やはり人が産業活動を行う過程で生じる場合や、あるいはまた自然的な原因も実はございます。水銀とか砒素とかの汚染物質が自然界に存在する場合があります。フッ素なんかがそうです。しかし人為的に汚染を引き起こしてしまう場合もあります。

汚染物質というのは大きく分けて 3 つに分けることができます。ひとつは重金属類です。水銀、砒素、カドミウム、鉛、ほかにもあります。これが重金属類という物質です。

次に VOC (揮発性有機化合物) と一般にいわれている有機溶剤。これは四塩化炭素、トリクロロエチレン、こういうものですね。いわゆる溶剤として使われるものです。

それと油。ガソリン、灯油、軽油、重油です。

本来はこれ以外にもうひとつ農薬。アメリカなどは農薬汚染が非常に大きな問題になっている。多量に農薬を使いますから、地下水に対する農薬汚染が非常に大きな問題になっています。

日本の場合は農薬に関しては今のところ大きな問題は出ておりませんので、先の 3 つが主なものです。

この 3 つはそれぞれ特徴があります。

ひとつは発生原因の詳細ということですが、人為的な原因としてはそこにございますように、有害物質を取り扱っている工場で事故や災害等により、地盤に浸透してしまう。あるいは過去に有害物質を含む廃棄物を捨てたことで、地盤中に拡散してしまった。一般的

に人為的な原因としてこういうものが挙げられています。例えば、大阪市内でよくあることですけれども、もともと何かの工場があつてそこを撤去する場合に汚染が出る。重金属の汚染がよく見られるのですけれども、こういうことが人為的な原因としてあります。

次に自然的な原因ですね、重金属類の一部、やはり自然界に存在するものです。たとえば砒素というのは微量成分として様々な鉱物中に含まれております。ひとつの例として砂質岩があげられます。泥質岩にも数百 ppm 含んでいるということもたまにございます。水銀も人為的な場合もありますが、これも自然界に存在している場合もございます。発生の原因は人為的な原因と、こういう自然的な要因のふたつがございます。

汚染のメカニズム、人為的な汚染のメカニズムですが、特にVOC、先ほど申し上げた揮発性の有機溶剤、これは工場の中で地下水の水に浸透してこれが地下水の帯水層に入り込んで行って、地下水の流れに従って広がっていく。VOCなど揮発性の有機溶剤というのはこういう広がり方をします。重金属というのは実は名前のとおり重たい金属、比重が、例えば水銀なら 13 以上ありますけれども、これは比較的汚染されたこの地域に留まっている場合が多い。あまり広がらない。VOCに比べるとそんなに広がりません。特に水銀なんかはそのあたりでころころ回っているというかそういうイメージですね。そういう違いがございます。

人への影響では発がん率が多くなる、あるいは知覚障害、痙攣などがありますが、この基準値等詳細は中室先生が多分あとでご講演されると思います。

城陽市は、今問題になっている汚染のことにに関して、さきほど申し上げた量的な地下水の流れをきちんと把握しておく必要がある。地下水の流れはほんとに目に見えない。皆さんお住まいになっているところの地下の中のところ、これを把握しておく必要がある。

これをどうやって把握するのか。方法はいろいろあります。計測をするという方法があるのですが、地下水は川の流れのようにそんなに速くはない。だいたい砂礫層のところですと 1 秒間に約 0.1 cm 程度のスピード、そういう値で流れています。今のはどちらかというと浅いところですね。深いところに行きますと浅いところよりもう少し遅くなります。粘土層に入りますと、その約 1000 分の 1 から 1 万分の 1 くらいの速さです。だから粘土層に入っている地下水というのは、砂礫層からみるとほとんど動いていません。 1×10^{-6} から 10^{-5} cm。1 秒間にそれくらいしか動きません。砂礫層からみるとほとんど動いていません。ほとんど止まっている状況です。ですから汚染があつて広がるとしたら、砂礫のところで見なければならぬ。特に、城陽市の地下水の流れを目に見える形で何とか表せないだろうか。地下はなかなか目に見えない。それをうまく表すようにやっていきたい。

ということで、まず城陽市の浅いところの地層を詳細に解析したいということです。これが口で言ってもなかなか難しい。城陽市も広域ですから、そのデータも実際には 130 本のボーリングデータ、井戸を掘ったところですね、城陽市内にわずか 130 本しかない。本来は精密にやるためにはもっとほしいのですけれども、今現在集められる限りのものを

集めました。

これがそうです。この赤い点がさきほど申し上げたボーリング、全部で **130** 本。ここが木津川、ここが JR 奈良線です。この辺がバイパスになります。これが京奈和自動車道。いま、この A' という南北のところをとって、これが南北にみるとこちらが A' ですね。こういうボーリングデータをつなぎあわせていきますね。

とりあえず浅いところの地層、沖積層をみていきたい。こういうところを精密に線を引いて、沖積層と洪積層とに分けます。沖積層というのはさきほどの層です。洪積層はいちばん深いところで **400** 万年から **500** 万年くらい前のもの、浅いところで **10** 万年から **20** 万年。沖積層というのはだいたい **2** 万年から **3** 万年くらいの地層です。はっきりここで分かれます。まず沖積層の厚さを詳細に見て行こうとしました。沖積層の中に砕きがあって汚染があったら、沖積層のところに汚染が流れていきますから、このところをしっかりとつかんでおく必要があります。これが第 1 段階。

第 2 段階には、もう少し深いところから入ってくることも無きにしもあらずで、もう少し深いところを含めた地層モデルをつくっていくということで、昨年からやっておりますが、まだ何とか完成したところです。ここについては、同時並行で今進んでおりますけれども、まだ少し時間がかかります。今日は沖積層の方のことを主にお話させていただきたいと思えます。

色分けがありますように、この緑色が粘土。シルトというのは、粘土と砂のあいだくらい、どちらかというと粘土に近い性質を持っています。それから砂と赤いところが礫ということです。沖積層で一部礫があったり砂層がありますが、そういうところに地下水があります。

それとやはりこれも範囲を決めてやらなければいけませんから、こういうモデル化をしてやって範囲を決めてやって、地層境界をどこへ持っていくかということがあるのですけれども、西側に木津川をもっていく。北側は名木川という川ですね。南側を青谷川、川のところというのは、川の流れは季節によって変わるのですが、地下水位というのは常に水が供給されていますから、地下水の水位としてはそんなに変わらないと思います。地下水水頭一定境界と言いますが、こういうところから考えまして、このような川に境界をもってきます。

あとは山側のこの線は先ほど申し上げた沖積層という一番上の新しい年代のところをゼロになるように境界をもってきます。山側には沖積層がないところがあります。境界としてこういう範囲を決めてやる。モデル化の範囲、この中に先ほど言った観測井、全体で約 **20** 箇所近く昨年度から測っております。観測井の水位を測ることによっておおまかに地下水の流れがわかります。

もうひとつは、今年の **10** 月ころでしたか、この **21** 箇所の地下水の水質検査をしています。これは地下水の流れを把握するためです。同じような地下水のものが流れていくと、水質の特性もほぼ同じようなものがでてきます。性質が違ったらぜんぜん違った水質が出

できます。そういうことを勘案して大まかに地下水の流れをつかむ。

これはまず沖積層の層厚をみているところですね。赤いところが層厚の厚いところですね。この青いところはほとんどない。これが解析で、沖積層の層厚をみえています。この部分はだいたいひとつのメッシュが 100m のメッシュで、100m の正方形で詳細に区切っています。この一辺、一辺、この 100m のところ、本来はもっと区切るんですが、それでも小さな 100m のこの部分では 1788 箇所あります。もちろん、もっと 50m×50m と区切れればいいんですが、それだけのデータがないんですね。今のところこの 100m メッシュと言いまして 100m 毎に区切っています。

データを入力していくわけですが、もちろん雨のデータも入れるのです。雨で地下水が入る、まわりからの流入、そういうことがあって、地下水も高いところから低いところへ流れますから、さきほどのメッシュひとつひとつの、水のポテンシャルというか水位を 100 メートルごとに見ていくわけですが。実はこの辺が専門的になって申し訳ないのですが、こういう解析的なものを使ってやっていく。

18 本の観測井、こういうところで常時観測をしています。自動的に水位を測れるもので、24 時間連続的に測っているのですね。観測した水位から、浅いところの地下水の流れをつかんでいく。観測井からはこういう方向に流れているとわかる。これはどちらかといえばデータが跳んでいますから、そんなに詳しくはないんですが、だいたい大まかにいえばだいたいこういうラインに流れていると思います。完全にこれできちっと表せているかどうか、この状態だけではわからないですね。

そこで、先ほどの大まかなこのような線がある、コンピューターで解析した 100m メッシュデータをそこにに入れていく。地下水は高いところから低いところに流れている。こちらの方は低い。山側は高い。当然ですね。こういう色分けをして水位の高さを測っていく。それが、矢印で示されていますけれども、山からの地下水の流れはこういう形、ここはこちらの方から流れているということが分かると思います。

先ほどの観測井の水位からみますと、全体的にこうだったのが、実はもう少しこのあたりは地下水の流れがこちら方向、木津川方向になっていますね。青谷川、名木川のところで、山側からこちら側に、ほぼ東西方向に流れているのがわかります。

すなわちこれは何を指すのか。例えば、このあたりで汚染が発生したとすると、この汚染が流動して広がっていきます。それが地下水の流れと速度と広がりを把握しておかないとどのようにして汚染が広がっていくのかわからないということになりますので、こういうものがあれば、ポイントの汚染源を与えてやって、それが最初の密度からどういう密度で流れて行って、時間的に汚染がどう広がっていくかがわかる。

先ほど申し上げたとおりこれは沖積層の一番上の部分ですね。準 3 次元といいまして、これは沖積層の厚さも入っていますから、こういうデータが実は使えるのです。まだ研究というか解析の途中段階で試行錯誤的なところがかかなりございます。正直申し上げます。というのは、地層モデルが 130 本しか集められなかったとか、もう少しデータがたく

さんほしいところです。精度をあげていく必要があると思うのですが、こういうところから、少し地層的には推測の域を一部分残した状態になっております。ただ流れとしては、観測井の流れと解析の流れと若干変わっているところがあります。解析の方が正確に表せていると思います。水の流れも地下水の流れもそうです。

これは、木津川の河川の水位高さをある程度平均的なものを与えているわけです。当然、木津川の水位が上がってくると、その流れがまた変わってきます。それはそれで、木津川の水位を上げてやれば、その流れ方向はこのモデルを使えばすぐに計算できます。いろんなパターンがあります。もちろん青谷川のここの影響も全部でできます。こういうものを市が持っておれば、汚染があった場合、その汚染がどう広がっていくかあるいは広がらないのか、こういうことが瞬時にして、これを使うことで予測可能になります。この辺に井戸がある場合にもその井戸にどう到達するのか到達しないのかということもこれでわかるかと思います。

基礎的なことから少し専門的なところまでお話し申し上げました。解らないところが多々あるとは思いますが、それはまた後ほどご質問していただければと思います。以上、私の講演をこれで終わります。