

地質調査での目の付けどころ

—第4回 孔内水位と地下水位、地質時代の話—

(株) アサノ大成基礎エンジニアリング

新田 洋一



まえがき

この原稿を書いている2020年7月下旬の豪雨災害時にテレビからこんな話が流れてきました。「東北は西日本に比べて降雨量が少ない状況にあります。そのため大雨による自然災害に弱いのです。気を付けてください。」えっ？ 分かったような、分からないような話だな、大雨の経験が多いと自然災害に強くなるの？ 雨が多いと強度増加でもするの、と思いましたが、最上川中流域で氾濫が発生したとの報せを聞き、災害の拡大が無いことを願いました。

たぶん、自然斜面で不安定な地山や地盤は、雨の多い地方では既に崩壊、あるいは対策しているが、雨の少ない地方ではそのまま残っているところが多いので、と言うことかな、と思いましたが……。とは言っても人家裏山の斜面災害のニュースが無くならないことにいら立ちます。

今回は我々の仕事の対象の一つ、地下水について初歩的で大事なことについてまとめました。また、地質時代について最近の話題と歴史的な事を紹介したいと思います。

1. 地質調査の定義と実業務での地下水について

「地質調査」について全地連では、次のように定義しています。

地質、土質、基礎地盤、地下水など地下の不可視部分について、地質学、地球物理学、土質工学などの知識や理論をベースに、地表地質踏査、物理探査、ボーリング、各種計測・試験などの手法を用いて、その「形」、「質」、「量」を明らかにする。

この中で地質、土質、基礎地盤などについては、ボーリングコアやボアホールカメラなどの助けを借り、点情報として見ることはできます。地表に近いところでは露頭やトレンチ掘削調査などで、狭い範囲ですが、面的に観察する事も可能です。

地下水に関してはどうでしょう。特に地下水位や地下水面を直接認識することはちょっと厳しいかと思えます。露頭や掘削面などで、にじみ出ている所や湧水している状態を見ることはあります。

これが地下水位線だ、と言うようながっちりとした「線」はなかなか見られません。湿潤していても必ずしも地下水位以下ではないのです（飽和、不飽和）。

地すべりや円弧すべり、液状化、矢板締切の底盤掘削などの数値計算の他、対策工の検討に当たっても地下水位を設定しなければなりません。水位の高さによって安全率が変化します。地下水位の設定如何で工事費が変わる、と言うことになってしまいます。

地質の評価に加えて、地下水位の評価に関する地質リスクを意識した仕事をしなければなりません。

今回の原稿は、「分かっているようで分かっていない事」として、「地下水」に関する事と、「地質時代」について考えてみました。

2. 地下水位について

2.1 地下水位の定義

「地下水」とはなんですか。地下水とは「飽和状態での地層中の水」です。では、「地下水面」とはなんですか。

不飽和状態での土中水を土壌水などと言い、毛管水や吸着水のことを言います。この土壌水と飽和した地層中の地下水の境界を地下水面と言います。

ただし、不飽和域と飽和域との境界を「この深さ、あるいは高さ」と判断できたとして、理論的、あるいは厳密に説明することは難しいものと思います。

もう一つの定義として、地下水の圧力と気圧がつり合う水平面のことを地下水面と言います（高気圧、低気圧で地下水面が変化?）。観測孔仕上げのボーリング孔や井戸などの地点で観測するときは地下水面です。えっ、地下水位ではないの、と思いましたか。

我々地質調査の技術者にとって大事なことは、「地下水」、「地下水面」、「地下水位」の違いと、更に地層（土層）を含めた話をする事です。特に地下水面と地下水位の違いは何か、と言われるとちょっと困るかもしれません。

地下水面と地下水位の違いは、「地下水面」は「地下水位」の一つの状態のことで、ある地点において地下水面は一つの値を表すものですが、地下水位は深さに応じて様々な値を持つと言うことです。

地下水位に関しては、状態によって次の二通りの言い方をします。

- ・「揚水していない状態」・・・静水位、または自然水位
- ・「揚水している状態」・・・動水位

皆さんは水位観測業務で「地下水位が下がる」の言い方をする時があると思いますが、「動水位が低下している」ことなのか、「静水位が広域的に低下している」ことなのかを区別する事が必要ですので、気を付けて報告書をまとめると良いと思います。

2.2 被圧水と不圧水について

地下水には、被圧水と不圧水が存在します。被圧水はキャップロック層などと言われるような加圧層（主として粘土層）で覆われているような帯水層内の地下水の事です。被圧帯水層の水の圧力と加圧粘土層内の水の圧力がつり合っている場合には地下水面は無い、と言うことになります。

間違った報告書の文面の例を示すと次の行のような表現です。

『調査地内の地下水は被圧地下水です。地下水位はGL - 〇〇mです。』

不圧水は自由地下水とも言います。被圧地下水と違って地表面近くに透水性の良い砂や砂礫層が直接分布し、加圧層と言われる粘性土層の分布が無いような堆積環境の地盤に認められるものです。

被圧地下水が加圧層の底よりさらに低下した場合、帯水層は被圧状態ではなくなり、地下水面が現れると言うことになります。ボーリング孔や井戸のスクリーンを通して地表から空気が流入すると、水で満たされていない部分が広がる。この現象を被圧帯水層の不圧化と言います。

地質調査報告書で地下水位を報告する場合、その高さが不圧地下水としての高さなのか、被圧地下水としての高さなのかを報告しなければなりません。設計・施工の条件に大きく関与する場合がありますからです。

ここで、「高さ」と書きましたが、正確には「ポテンシャル」と言う概念で考えなければなりません。ちょっと難しい話ですが、「地下水ポテンシャル」と言うものを考えます。

「水頭」という言葉を聞いた事があるでしょうか。水頭とは、ポテンシャルを長さの次元で表したものと云えます。

$$\boxed{\text{地下水ポテンシャル}} = \boxed{\text{水理水頭}}$$

地下水ポテンシャルを測定するものとして、ピエゾメータが挙げられます。実際の仕事において、ピエゾメータとは、地中に細い管を設置するわけではなく、ボーリング（または井戸）内で測定する水位で判断します。ただし、測定しようとする地下水位を有する帯水層にスクリーンを有する事、直径が小さい事が条件です。

高さを考える基準面に海面を用いる場合は、次のように表されます。

$$\boxed{\text{ピエゾメータ地下水位}} = \boxed{\text{標高水位}}$$

一般に水は高い所から低い所へ流れる、と言います。地下水に関しては、定義されたポテンシャルの高い所から低い所へと流れる、と言います。

地下水ポテンシャルとは、図2.1.1に示したように次式で表せます。

$$\boxed{\text{地下水ポテンシャル}} = \boxed{\text{圧力ポテンシャル}} + \boxed{\text{重力ポテンシャル}}$$

なぜポテンシャルの概念を用いるのか、それは、「地下水の地下水圧は深さとともに増加するのに、地下水は圧力の高い方へと向かって動く」と言う現象（圧力の高い方から低い方へ流れるの逆）を説明するためです。

地下水の存在状態の物理量とは、速度、密度、圧力、高度で、これらの変化の仕事量が水のポテンシャルの差と言うことです。

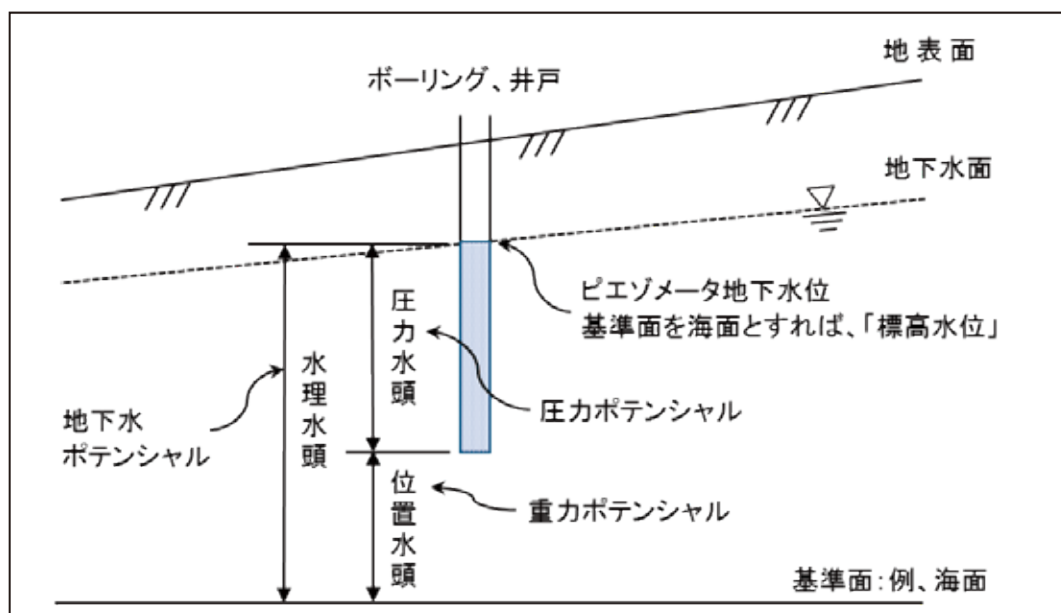


図2.2.1 簡易なモデルでの地下水ポテンシャルの説明図

2.3 地下水と酸欠作業に関する話

被圧帯水層の不圧化について前記しましたが、時として帯水層中で無酸素の還元状態にあった鉄分が酸化することによって酸欠状態になることが起きる場合があります。

地下での作業に関する事故原因になるため注意が必要なケースです。被圧地下水を確認した現場では、地下の工事中に不圧化が起きる可能性のある場合、報告書に記載しておきましょう。

「酸素欠乏症等防止規則第二章一般的防止処置の内、（圧気工法に係る処置）第二十四条」には「令別表第六第一号イ若しくはロに掲げる地層が存在する箇所にて圧気工法に

よる作業を行うときは、適時、当該作業により酸素欠乏の空気が漏出するおそれのある井戸又は配管について、空気の漏出の有無、その程度及び空気中の酸素の濃度を調査しなければならない。」ここで、別表第六には次のように書かれています。

別表第六 酸素欠乏危険箇所

- 一 次の地層に接し、又は通ずる井戸等（井戸、井筒、たて坑、ずい道、潜函、ピットその他これらに類するものをいう。次号にて同じ。）の内部（次号に掲げる場所を除く。）
 - イ 上層に不透水層がある砂礫層のうち含水若しくは湧水がなく、又は少ない部分
 - ロ 第一鉄塩類又は第一マンガン塩類を含有している地層

ここで、言っているのはキャップロック層としての不透水層がある砂礫層、つまり被圧地下水が分布していて、湧水が無いというのは上記の「不圧化」していない状態の地層から取水している井戸、あるいはたて坑、トンネルなどの構造物の工事を行う場合、と解釈します。（上記中「次号」の内容は割愛しますが、検討対象外の場所や構造物について記述されています）

第一鉄塩類とは、 Fe^{2+} 二価鉄化合物で、一般的に「還元帯」における物質で、酸素と反応して第二鉄 Fe^{3+} へと変化します。この過程で酸素を消費して酸欠になります。

不圧化によって酸欠になった空気が砂礫層中を移動し、井戸や立て坑、トンネルなどへと流入し、そこで工事などの作業に当たっている作業員へ影響がでる事を言っています。実際に過去には生活用水を得る井戸内に酸欠空気が流れ込む事故が発生した、という事例がありました。

ここでのポイントは、地質調査の目的、工事の対象となる地層について、被圧地下水の帯水層で、還元帯の地層かどうかです。還元帯の場合は色調が「青灰色」が目安です。「褐色」の場合は既に酸化していると判断できます。ただし、コア採取後すぐに色調を観察しないと、酸化が進み、青灰色だったものが褐色になってしまいますので注意しましょう。以前の原稿で色調について記述しましたが、主任技術者や現場代理人が、試料採取後数日経って観察したものは、状態が変化していると心得ましょう。ボーリング作業の機長や助手の方が見た日報が重要です。

2.4 孔内水位と地下水位について

地下水位の評価を間違えることが工事費用に影響を与えるだけでなく、人命に関わるような事故につながる事もあると言う話を上記しました。地下水位の報告は大事な報告事項です。

我々の仕事で「地下水位」を報告書に記述する必要があるのはほぼ全ての現場と思います。皆さんは地下水位を報告するときは何に気を付けますか。

「ボーリング柱状図作成およびボーリングコア取扱い・保管要領（案）・同解説」の岩盤、土質ボーリング柱状図では、次のように記載されています。

孔内水位は、毎日の作業開始時の孔内水位を孔口からの深度（m）によって記入し、測定月日を併記する。異なる測定日でほぼ孔内水位が同じであった場合には、最初の測定日の日付と水位のみを記入しその他の測定日の日付と水位は別紙に記入しておく。

ファクトデータとして、柱状図に記入するための孔内水位の測定について書かれています。地下水位は更に技術的な判断が必要な推定数値と考えてください。

地すべりボーリング柱状図では次のように記載されています。

孔内水位は、削孔月日の削孔作業前と作業後の孔内水位及び全作業完了後の安定水位を記入する。作業後の孔内水位は削孔後直ちに計測することが望ましい。削孔作業開始前の孔内水位は自然地下水位の測定を行うほか、汲上げを行った後に孔内水位を測定し孔内水位の回復状況から地下水の流入の有無の把握を行うことが望ましい。

地すべり調査の場合、地下水位の評価は安定計算や対策工の検討に極めて重要なため、それを検討するための孔内水位の測定に関する条件が付け加えられています。

よく言われることの一つとして、「孔内水位」≠「地下水位」が挙げられます。なぜでしょうか。

- ・掘進に泥水を用いることで、作業中は孔内に不透水幕が形成されて地下水が流入しにくいため
- ・ロッド・コアチューブの上げ下げ作業で孔内水の汲み上げ・送水が繰り返されるため
- ・ケーシングを設置しているため帯水層からの地下水の流入が塞がれているため

などなどの理由があると思います。掘進作業の影響が少しでも少なくなる翌日の作業開始前に孔内水位を観測する事としているものです。

地下水には、被圧水と不圧水（自由水とも言う）があることを前記しました。被圧水の場合には、1つの帯水層だけでなく数層の帯水層と加圧層の分布があって、それぞれ異なった圧力水頭を持つような地域もあります。

※コーヒーブレイク、その1

断面図には柱状図の隣に地下水位マークを表記します。特に解析断面図や地層モデルでは地下水位を決めなければなりません。

孔内水位と地下水位は違う？と言うことになると、柱状図データで作成した断面図には自動的に孔内水位マークが印字されますが、これを繋いでも地下水位線（地下水面）ではない、と言う事？

断面図を作成するためには柱状図データファイルに孔内水位の他に別途地下水位も入力しておく必要があるの？

柱状図データがちょっと煩雑になり、ミスにつながるようなリスクを持つことにならないかな。

断面図は調査目的によって変わる、と言うことが言われます。

例えば、地質学的断面図、地盤工学的断面図、水理学的断面図、数値解析モデル（断面図）など、仕事の目的によって必要なまとめ方があるのではないかと思います。更に設計・施工条件、時期によって断面図に描かれる地下水位線は変わるもので、技術的評価が大事になります。

2.5 地下水面と地下水位について

「孔内水位」＝「地下水位」と判断しても良い場合もあります。どのように判断すれば良いのでしょうか。我々は地質調査の技術者ですから、調査地と周辺の地形・地質条件に着目しましょう。

報告書に地形・地質概要を書きますが、これがその後に続く調査結果や考察の前提となるものです。地形・地質概要をまとめるときの文言として次のような特徴、性質などを書くことによって帯水層や地下水位を特徴付けることができるのではないのでしょうか。

- ・透水性の良い地層が広く分布しているような地形、例えば扇状地、三角州など

- ・ 後背湿地性の粘性土と自然堤防性の粗粒土が複雑に分布する旧河道や海浜背後地など
- ・ 河岸段丘面で玉石を含む砂礫層主体の地層が優勢など
- ・ 背後に分布する山地面や丘陵地面に接している埋没谷沖積低地面など
- ・ 火山性泥流堆積物や地すべり土塊などによる塞き止め湖沼性堆積環境の地形など

これ以外にも様々な状態がありますが、調査地の地形的特徴と分布する地層が何か、これが判断材料の一つで、条件によっては孔内水位を地下水位と判断しても良いと思います。地形・地質概要を記述するときは、調査結果を設計・施工に引き継ぐために必要な工学的評価の基本的な事項としてまとめることが大事です。

また、地下水位は常に変化します。報告書にまとめるときに気を付けてください。

「地下水面」は「地下水位」の一つの状態と言う事を前述しました。二次元断面図で考えた場合、地下水位が深さに関わらず一定の時を静水圧状態と言いますが、この状態の時地下水は水平方向にだけ流れ鉛直方向の流れは存在しない前提ですが、実地盤は三次元なので、複雑な流れを有していると言えます。

報告書に「地下水位」に関する文言を記述するときには、どのような状態、条件の時のことなのかを忘れずに併記してください。

2.6 不飽和土と飽和土についてのおまけ

(1) 不飽和土のサクシオン効果と強度

一般に不飽和土は地下水面の上部に分布し、毛管現象によって水を吸上げる力が作用しています。この吸上げる力をサクシオン（負の圧力水頭）と言います。

土粒子が水によって互いに引かれている力とも言えます。不飽和土はサクシオン効果を持ち、飽和土よりも大きい強度を持つとも言えるのです。完全乾燥土や飽和土はサクシオン効果が無く、強度が小さいかまたは無くなるとも言えます。

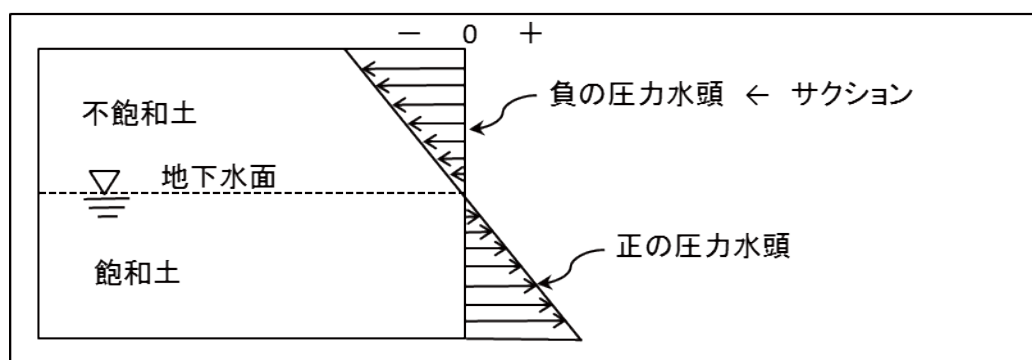


図2.6.1 地下水面と不飽和・飽和と圧力水頭の関係概念図

(2) 不飽和盛土内に地下水位の上昇を想定した安定解析の一例

盛土の円弧すべり安定計算を行う場合を例に盛土材の強度について考えてみましょう。安定計算では降雨時に盛土内地下水位が上昇した危険側での条件で行うこととしました。

※コーヒーブレイク、その2

盛土材料の乱さない試料、または締固めた試料は、不飽和土でした。降雨により地下水位が上昇した時のすべり安定性を評価するためには、盛土内の地下水位を上昇させた解析モデルの設定だけで良いのでしょうか。盛土材の強度定数はどうすれば良いのでしょうか。

一つの考え方として、飽和土としての盛土材の強度を用いることを考えてはどうでしょうか。供試体を水浸させて飽和度100%にして三軸圧縮試験に供すると言うことです（不飽和土は飽和土より強度が大きい）。

なお、安定計算を全応力法で行うこととすれば、せん断試験の条件はUU（非圧密・非排水）です。盛土材の土質（粘性土系か砂質土系か）によってC材か ϕ 材かの問題については別の場で考えることとします。C、 ϕ の両方を有する材料として考えます。

ϕ に関しては、盛土内地下水位が上昇すれば、 ϕ にかかる鉛直応力（土被り圧）が浮力により減少するため、 ϕ に関する抵抗力は減少するので不飽和土の供試体を用いた試験で得られた ϕ を用いても良いのでは無いか、と言う点です。

Cに関する土の強度は土被り圧に関係しませんが、不飽和と飽和で強度が変わります。サクシオン効果が変わるからです。

不飽和土の場合は、一軸圧縮試験でも良いかと思いますが、水浸させた飽和土は圧縮試験中に供試体から水分が浸出してしまう（圧密・排水試験に近い状態になる）事を考えて三軸UU試験を行った方が良いでしょうか、考えてみてください。

(3) 不飽和土のサクシオンの計測

不飽和土の土中の負圧（水分吸引圧力とも言う）を測定する機器として、「土壤水分計」と言うものがあります。地下水位計と逆の測定をしている、とも言えます。負圧が0になった状態は理論的に地下水で飽和した瞬間（地下水面）で、更に地下水位が上昇すると負圧から正圧へと変化するのが計測されます。

トンネル工事などの動態観測で、地下水位の低下が懸念されるような現場では、地下水位の観測の他に、希少植物などへの影響把握を目的に土壤水分計を設置して観測する事例もあります。

3. 地質時代について

3.1 「洪積」と「沖積」

(1) 洪積について

地下水に関して、調査地の地形・地質は大事です、と話しましたが、ここで地質時代についてちょっと触れておきたいと思います。

先ず「水」に関する部首「さんずい」の付いた地質時代を表していた（いた、過去形）「洪積」と「沖積」について見てみましょう。

かつて「洪積」と言う言葉が使われ、地質時代の第四紀の中で約200万年前から約1万年前までの期間を洪積世と言っていました。今は約258万8000年前から約1万1700年前までの時代を「更新世」、それ以降の現在に至るまでの時代を「完新世」と呼んでいます。洪積は現在では使われない用語です。2009年の国際地質科学連合で「第四紀は約258万年前から現在」と定義されました。

ヨーロッパなどでは、台地を造って広範囲に分布する砂礫層を洪積層と言っていたとの記述もあります。氷河堆積物のことを示しているとも言われています。また、「自然神学」では、ノアの大洪水の堆積物と言う意味もあったようです。科学的事実が明らかになって自然神学から脱却し、洪積世（Diluvium）を更新世（Pleistocene）に変えて、洪積世（Diluvium）は学術用語ではなくなりました。現在では神話に結びつけることは望ましくないとの理由から、この区分名は使われなくなりました。

今は正確に言うと更新世の堆積物を「更新統」と言います。

日本では、更新世に形成された地層全般を洪積層と呼び、「洪積台地」の名称として長い間用いられてきました。第四紀は氷河時代に当たります。完新世は最後の間氷期で後氷期とも言われています。

沖積層（Alluvium）と対比して用いられることが多く、地盤沈下、洪水、地震時の液化化などの被害を受ける事が少なく、洪積層の地盤は安定していると評価されることが多かった。日本では「洪積台地」と「沖積平野」と言う地形的かつ地層の堆積環境的な概念が長く定着していました。ただ、ヨーロッパ、特にイギリスにおいては「洪積台地」Diluvial Uplandと言う言葉に対して、Upland（台地）なのにDiluvial（洪水につかる）のはおかしいと言われたそうです。

では「洪積台地」と言う言葉は使ってはいけないのでしょうか。日本における洪積台地としての台地は諸外国と比べると規模がかなり小さく、平野の一部のようにみられるようで、日本と外国での文化的違いが地形・地質の分野にもあるようです。

地形の表現に使う場合、河岸段丘、海岸段丘、溶岩台地、扇状地性台地などの表現が良いのではないかと思います。国際的、学術的な場では洪積世、洪積台地は使わない方が良いでしょう。

大地59号で地質図などに関する日本工業規格JISが制定されている事を紹介しました。JISでは「沖積世」「洪積世」を公式名として認めていないのです。これに対応した「洪積層」や「沖積層」も使用しない方が良いでしょう。「沖積層」に関しては「完新統」と同義語では無く、平野部の最終氷期最盛期以降に堆積した地層を指す一般的な用語として使用されているようです。

(2) 沖積について

沖積世と言う言葉も地質時代区分として使われなくなりました。洪積台地と対照的に「沖積平野」とは沖積世の時代に堆積して形成された平野の意味で使われてきました。

沖積平野や海岸平野の地形・地質に関しては、「沖積」の語に地質時代的な意味合いを含めて、完新世に堆積した地層を指すものとして使われていました。ただし、前記したように最終氷期最盛期以降に堆積した地層として使用する事はダメではないようです。

沖積平野や海岸平野を構成する堆積物は、第四紀末期の地球規模の環境変動に大きく関わっています。沖積層は約2万年前の最終氷期での最大海面低下期以降の堆積物と考えられてきました。沖積層の基底は、最終氷期の最大海面低下期に形成された谷地形の基底にほぼ相当しており、その下位の更新世の堆積物（更新統）との間に不整合を有しています。

沖積層で形成される沖積低地は、一般的に河川の堆積作用を主体とした地形面を沖積平野、海的作用を主体とした地形面を海岸平野と呼ぶことが多いのですが、実際にはその両者の組み合わせた地形面としての平野も多く見られます。沖積層は更新世の堆積物に比べて一般に軟らかく、軟弱地盤を形成していることも多く、私たちの生活や建設事業に当たっては様々な問題点を有しています。調査報告書では「沖積層」です、と記述することは必要な事ではないかな、と私はと思いますが、どうでしょうか。

3.2 地質時代に第一紀や第二紀は無いの？

地質時代の内、第四紀について話してきました。では、四があるなら一や二は無いのかと疑問に思った方はいませんか。今は数字が入った地質時代は「第四紀」だけになりました。「第三紀」と言う名称は非公式用語となり、「古第三紀」と「新第三紀」の2垂

紀に区分されました。

地質時代の区分に関しては、18世紀に北イタリアの地層を、古い方から初源層、第二層、第三層と区分していたようです。初源層は変成岩類からなる地層で第一層としての意味合いを持っています。第二層は主として中生界に相当し、第三層はそれらを覆う軟らかい泥岩や砂岩の地層で、この時代が第三紀と言うことでした。

2009年に国際地質科学連合（IUGS）により「第四紀は約258.8万年前から現在」と再定義されことを前記しました。前年の2008年には、これまで古第三紀（Paleogene）と新第三紀（Neogene）の総称であった第三紀は非公式用語となり、地質時代の名前のうち順番を表すものは、最後の第四紀のみが残りました。

なお、慣用的に「だいよんき」と読んでいますが、正しくは「だいしき」と読む、との文面を見ることがあります。ただ、日本第四紀学会公式サイトでの読み方とし、どちらでも間違いではないとされていますが「だいよんき」と表記されているようです。

4. 地層の堆積に関する法則と日本の地質

大地59号で、地層の堆積に関する3つの法則を紹介しました。水平堆積、側方連続、地層墨重です。これらは地層の堆積環境として「堆積盆」の存在を前提としています。この堆積盆の存在は、「静的な地質環境」とでも言えば良いのでしょうか。

この堆積に関する法則では地層の説明が厳しい場合があったようです。きわめて遠く離れた所に分布する地層を無理に繋ぐ必要がある場合や、地層が逆転している場合などです。

1960年代後半以降に地球科学の学説として、「プレートテクトニクス」の理論が発表されました。

その後、1976年に海洋起源の堆積岩や変成岩について「付加体（Accretionary wedge or prism）」と言う概念が九州大学の勘米良亀齡先生によって系統的な説明がされました（欧米でもほぼ同時期に論文が出されたそうです）。付加体の考えには、1980年代の「微化石の生層序学的研究」による成果の寄与も大きかったようです。

海洋プレート上に様々な土砂や岩石、多くの生物の死骸、サンゴ礁などが堆積し、時には地下からの熱水の影響などを受けながら運ばれて行き、大陸プレートの下に沈み込む際に、これらの堆積物やタービタイトが海洋プレートから剥ぎ取られて大陸プレートに付加したものを付加体と呼びます。

付加体の成因からは、恐竜の化石は出ないと言う事になりそうですが、化石が発見されている福井県周辺は飛騨帯の地質で、約2.3億万年前に南・北中国地塊の衝突型山脈からの土砂による手取層群の堆積時が恐竜の生息時期のようです。はっきりしたことはもう少し研究が必要みたいです。

付加される時には古い地層の下に新しい地層が潜り込む逆転現象や、圧力や熱による変成作用を受けたりします。付加体は様々な岩石、地層によって複雑に構成されていて、これを付加コンプレックス（complex：複合体）と言います。

日本列島の周辺では、約3億年前から断続的に海洋プレートが沈み込んでおり、古生代、中生代、古第三紀、新第三紀など各年代において付加コンプレックスによる長い年月の間に蓄積されて出来た基盤の上に火山の堆積物、河川の堆積物などが載ってできたものと言われます。

付加コンプレックスの地層は、蛇紋岩や石灰岩などの動植物の特異性に関わる地質が含まれ、チャートや玄武岩、海底堆積岩の他に海底火山の噴出物や時に火山本体も含ま

れているとされています。

前記した18世紀に北イタリアの地層を初層、第二層、第三層に区分した事を紹介しましたが、それから200年が経過した20世紀後半にプレートテクトニクスや付加体の研究成果により地層や地質、岩石などの見方に変化があり、現在ではこの考え方が地質、地層に関する主体となっています。

今から100数年前の1912年ドイツのウエゲナーによる大陸移動説は一笑に付せられた歴史があります。これがプレートテクトニクスや付加体理論へと発展するのは、キューリー夫妻の夫が発見（1895年）したキューリー温度で説明された溶岩（中央海嶺から海中へ噴出したマグマ）の残留磁気による地磁気逆転で裏付けされ、大陸が移動したとの理論が今の主流となりました。

3.11東日本大震災はプレート型地震だ、と簡単に言いますが、大陸移動説で笑いものになったウエゲナーは大陸移動の原因となるプレートの存在を知る前に亡くなってしまったそうです。

「チバニアン」を聞いた事があると思いますが、これには「地磁気逆転」の謎にも関係しています。

私が大学で受けた地質の授業や北上山地の地表踏査では、付加体、付加コンプレックスの語彙は無かったように思います。プレートテクトニクスの理論からまだ50有余年なのです。

おわりに

日本の名水100選のように美味しい水が紹介される場面を時々見かけます。ほとんどは湧水、つまり地下水のようです。美味しいお酒造りには水が重要です。水害が減少し、美味しく安全な水とお酒が引続き手に入る事を願っております。

お酒と言えば、酒造りには、洗米時に使われる水、原酒の製造過程で使われる仕込み水、原酒のアルコール濃度をある程度薄めるための加水、などがあります。

仕込み水では硬度が香や味を大きく変化させるようで、硬水は輪郭のはっきりしたキレのある日本酒になる傾向、軟水ではやわらかくまろやかな口あたりになる傾向があると言われています。

日本での硬水の代表は兵庫・灘の宮水で硬度100mg/L位。軟水の代表は京都・伏見の御香水。「灘の男酒、伏見の女酒」と言われているようです。

今年度はコロナ禍で大地の原稿集めに苦勞している、との話を小耳にはさんだので、ちょっと長めの原稿を書いてしまいました。

さて、今日はお酒にしましょうか。途中、飲みながら原稿を書いた事をお詫びいたします。

- 以上 -