

会報本号では、大豊町 JR 豊永駅周辺の地質を報告する。使用した地質図(上図)は 2018 年産業技術総合研究所(産総研)刊行の 20 万分の 1 地質図幅「高知」解説である。編集にあたり、三波川帯、御荷鉾緑色岩類および四万十帯に着色した。四万十帯の砕屑岩および混在岩の色分けに際して、地質図本図と地質解説文凡例に一部異なるところがある。上図は解説文凡例に従った。

なお、この 2018 年産総研刊行第 2 版は、1959 年地質調査所刊行初版を 60 年ぶりに全面改訂したものである。

高知地学研究会はただ今、令和6年度会員を募集しております。

令和6年度会員数および年会費(令和6年9月25日現在)						
正会員	大学生会員	中高会員	小学生会員	家族会員	名誉会員	合計
19					2	21
2,000 円	1,000 円	800 円	500 円	3,000 円		

高知地学研究会 会長 南 寿宏  
E-mail hirot@ark.ocn.ne.jp

## 令和6年度 高知地学研究会総会（報告）

### 1 会長挨拶

### 2 令和5年度 活動報告

#### (1) 総会・講演会

総会 令和5年8月26日（日） 高知市立自由民権記念館

講演会 高知化石研究会会長 三本 健二 先生（本会会員）

「石灰岩と陸生貝類、石灰岩と化石」

#### (2) 会報

令和5年 5月31日発行63号

令和5年 9月30日発行64号

令和6年 1月31日発行65号

#### (3) 地学巡検

令和5年10月14日（土） 第48回高知市土佐山

令和5年12月 9日（土）～10日（日） 第49回徳島県徳島市・勝浦町・三好市山城町および高知県大豊町

### 3 令和5年度 決算報告・監査報告

次ページ

### 4 令和6年度・7年度 役員選出

前役員 会長：南 寿宏 副会長：竹島洋文 幹事：堅田智英

会計：堅田智英 会計監査：佐藤慎二 顧問：吉倉紳一

### 5 令和6年度 活動方針、活動計画（予定）

#### (1) 総会・講演会

総会 令和6年6月30日（日） 高知県立岡豊高等学校

講演会 放送大学客員教授 村山 雅史 先生（高知大学教授）

「深海底を掘って分かる、未知の世界！」

#### (2) 会報

66・67・68号

#### (3) 地学巡検

計画中（令和6年11月17日（日）坂出市付近を予定）

2023(令和5)年度会計報告

会計 堅田智英

収入		支出	
前年度繰越金	239,226	通信費	14,900
令和5年度会費(21名)	42,000	文具	24,254
令和6年度会費(1名)	2,000	総会会場使用料	3,950
		巡検講師謝金	5,000
		巡検講師交通費	5,050
		巡検バス代補助	39,950
		合計	93,104
		次年度繰越金	190,122
	283,226		283,226

会計監査報告

会計に関する証書類について、慎重かつ厳正に監査しましたところ、帳簿の記載は正確で、領収書類についても適切に保存されており、適正かつ正確な執行であったことを認めます。

上記確かに監査致しました。

令和6年4月16日

佐藤 慎二 

# 徳島恐龍巡検報告・2

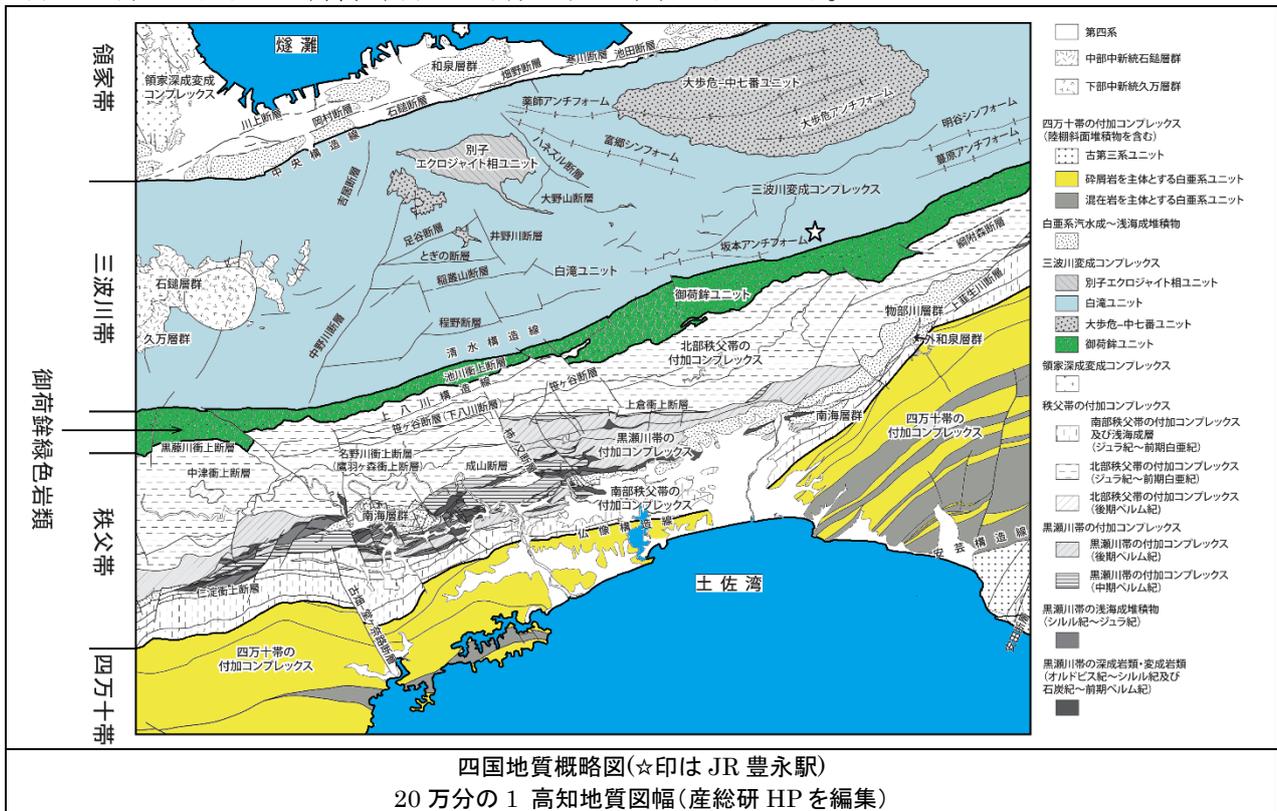
南 寿宏

令和5年12月9日(土)から10日(日)にかけて、高知地学研究会第49回地学巡検が徳島県徳島市・勝浦町・三好市山城町および高知県大豊町で行われました。徳島県の方は、本会会報第65号で報告しましたので、本号ではその後の高知県分を報告します。

案内の山崎新太郎京都大学防災研究所准教授は、当地の地すべり対策を調査・研究されています。

## 1 四国の地質帯区分

四国の地質帯は北から、領家帯、三波川帯、秩父帯および四万十帯の4つに区分される。本報告の大豊町豊永周辺は三波川帯に含まれ、高圧変成作用を受けた結晶片岩が特徴である。三波川帯と秩父帯の境界には、玄武岩・斑れい岩等の苦鉄質岩中の有色鉱物が緑色の鉱物に変わった緑色岩が分布しており、小藤文次郎(東京帝国大学教授, 1856-1935)により、群馬県御荷鉢(みかぼ)山にちなんで御荷鉢(みかぼ)緑色岩と命名されている。

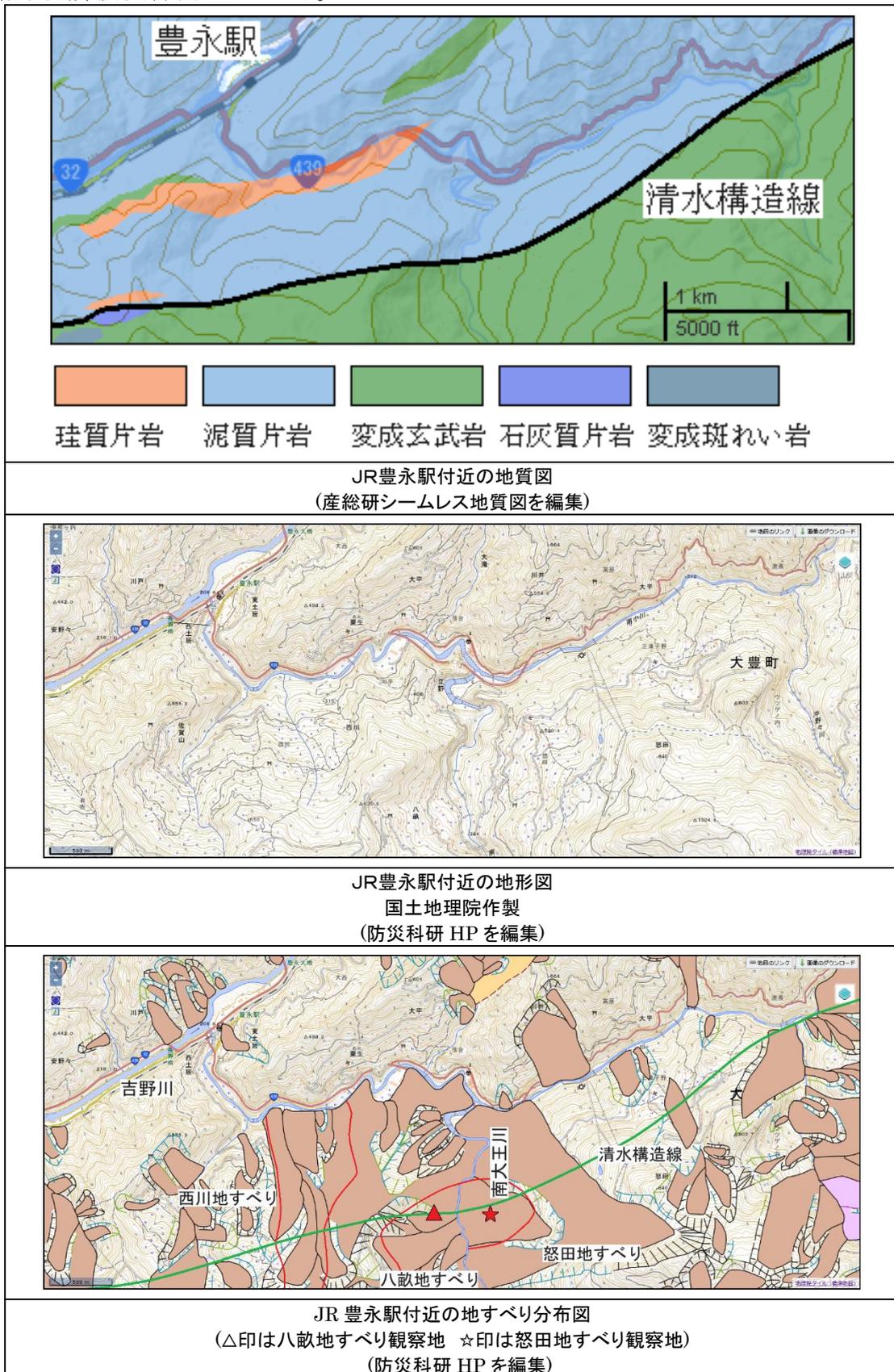


## 2 大豊町豊永付近の地質

大豊町 JR 豊永駅の南3 kmには、清水構造線と呼ばれる地質境界があり、その南には御荷鉢緑色岩が分布する。この岩石には強い剥離性があり、地すべりが多発する。

<p><b>清水構造帯(キヨミズコウゾウタイ) Kiyomizu tectonic zone</b></p> <p>四国の三波川帯プロパーの南縁に沿って東西にのびる構造帯。強い剥離性をもった泥質片岩(フィロナイト)からなる。南側は御荷鉢緑色岩または秩父北帯ジュラ紀付加体と接する。高知県吾川郡清水村(現、吾北村)において小島丈児ほか(1956)が命名。高知県では幅1km。徳島・愛媛の両県では三波川帯プロパーと御荷鉢緑色岩類の境界断層に相当。</p> <p style="text-align: right;">[清水大吉郎・栗本史雄, 地学団体研究会編 新版地学事典]</p>
<p><b>御荷鉢緑色岩類(ミカプリョクショクガンレイ) Mikabu greenstones</b></p> <p>西南日本外帯の三波川変成帯と秩父帯北部との境界に帯状に分布する。低変成度の苦鉄質および超苦鉄質岩類。苦鉄質岩の原岩は、斑れい岩・ドレライト・玄武岩・玄武岩質火山性碎屑岩からなり、超苦鉄質岩は蛇紋岩化されたかんらん岩・輝岩・角閃石岩からなる。火山性碎屑岩には、少量のチャートが伴われていることが多い。一般に火成岩類は塊状で、片岩化しているものは少ない。玄武岩質岩は、化学組成に基づいて、ソレアイト質・アルカリ岩質・ピクライト質に分けられる。最近、御荷鉢緑色岩類は、ジュラ紀後期～白亜紀前期の海底火山活動の産物であると考えられている。</p> <p style="text-align: right;">[榎原正幸・岩崎正夫, 地学団体研究会編 新版地学事典]</p>

下図は上から順に、JR 豊永駅周辺の地質図、地形図、地すべり分布図である。地質図は産総研シームレス地質図、地形図は国土地理院 25,000 分の 1 地形図、地すべり分布図は防災科学技術研究所(防災科研)HP による。



本稿では、清水構造線の南の八畝(ようね)地区および怒田(ぬた)地区の地すべり対策について紹介する。八畝地区は吉野川水系南大王川の左岸、怒田地区は南大王川の右岸である。

### 3 土地利用と岩質

清水構造線の北には泥質片岩、南には変成玄武岩が分布する。この変成玄武岩が前述の御荷鉾緑色岩類である。この両地域の土地利用については、岩質が大きく関連している。そのことを、山崎准教授の巡検ガイドブックより引用する。



#### 4 地すべり対策

##### (1) 地すべり地帯の内部構造

地すべりとは、山間部に降った大雨等が原因で、土砂や岩石が原形を保ちながら、地下のすべり面を境界としてゆっくりと斜面をすべり落ちる現象である。

硬い地盤は透水性が低く、また、すべり面の上には未固結の土砂が堆積し、凹地のために地下水がたまることがある。未固結の土砂は2次的にすべり落ちる危険性があるが、その上に家屋があり、また田畑に利用されているので、土砂をすべて取り除くことは実用的でない。したがって、2次の地すべりを防ぐ対策が必要である。

##### 受験メモ

土石流…土砂や岩石が混じり合い、**高速**で斜面を崩れ落ちる現象

地すべり…土砂や岩石が原形を保ち、**ゆっくり**と斜面をすべり落ちる現象

##### (2) 地すべりの観測

地すべりの観測には次のものがあり、観測はリアルタイムで行われている。

- ① 地すべり変動監視システム(GPS)
- ② 地盤伸縮計
- ③ 地下水位(集水井)
- ④ 気象観測システム(雨量計)

地すべりの動きは現在も活発で、年間 10cm 以上の移動が見られる。

##### ① 地すべり変動監視システム(GPS)

GPS は、全地球測位システム( global positioning system )の略称であり、高度 20,000km を周回している 30 個以上の GPS 衛星のうち 4 個の衛星からの電波を受信して位置(緯度・経度・高度)を高精度で計測するシステムである。

GPS は元々、アメリカ軍の軍事プロジェクトであり、世界の軍事情勢によってその精度が大きく変化することがあり、時には誤差が数十 m になる。

かつて滋賀県に住んでいたとき、琵琶湖畔を運転することがあったが、そのときわが車はよく、琵琶湖内を走る水陸両用車になっていた。

地すべり地形の模式図と名称

熊木ほか、  
技術者のための地形学入門から江川、1982の図

地すべり地形  
山崎新太郎「野外巡検ガイドブック」を編集

衛星測位システムを利用した  
地すべり変動監視システム  
(怒田地すべり)

地すべり変動監視システム(GPS)  
(怒田地すべり)

#### ケプラーの法則 計算問題

気象衛星は赤道上空 35,800km を周回し、24 時間で地球を一周する。この衛星の公転周期は地球の自転周期と同じなので、地球からはいつも同じ位置に見え、静止衛星と呼ばれる。一方 GPS 衛星は静止衛星よりも少し低い軌道を周回し、12 時間で地球を一周する。GPS 衛星の高度をケプラーの第3法則を使い、計算で求めよ。  
ただし、地球の赤道半径を 6,370km とし、 $4 = 1.59^3$  とする。

#### ケプラーの第3法則

$$\frac{a^3}{T^2} = \text{一定} \quad (a: \text{公転軌道半径} \quad T: \text{公転周期})$$

GPS 衛星が上空  $\chi$  km を周回しているものとする。

$$\frac{(6370 + 35800)^3}{24^2} = \frac{(6370 + \chi)^3}{12^2}$$

$$\chi = (6370 + 35800) \div 1.59 - 6370$$

$$\frac{(6370 + 35800)^3}{(6370 + \chi)^3} = 2^2 = 4$$

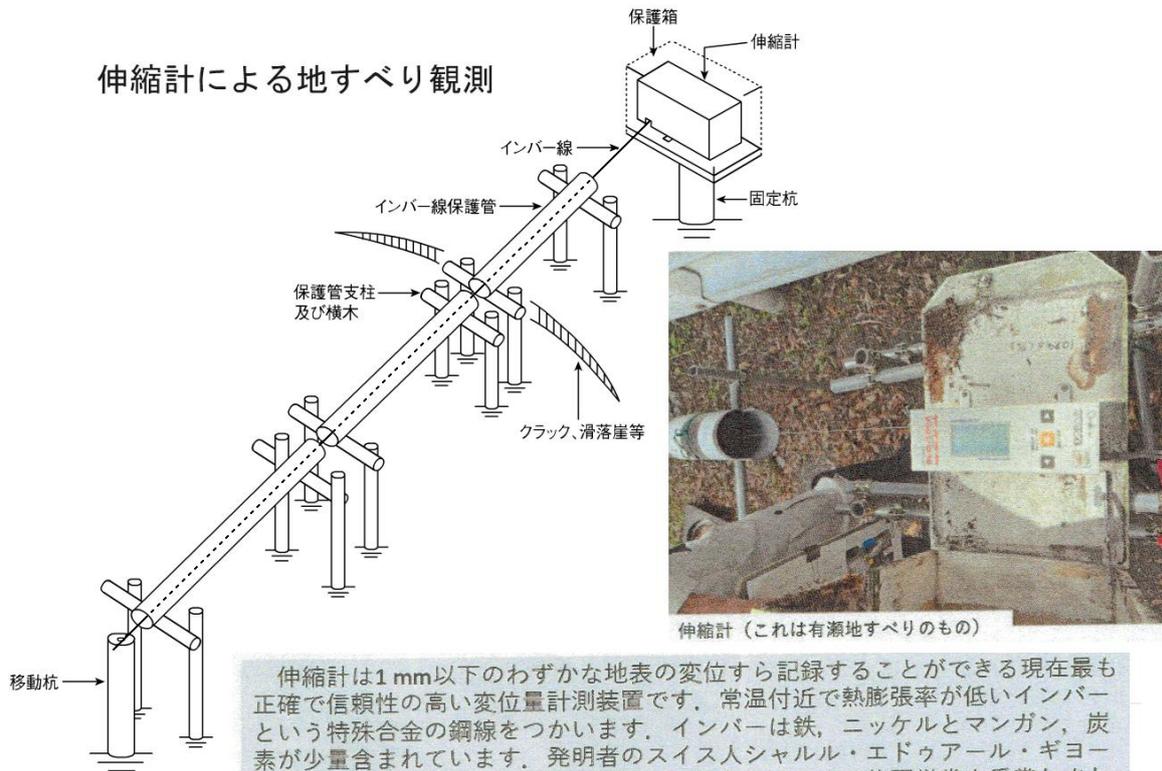
$$= 20200$$

$$\frac{6370 + 35800}{6370 + \chi} = 4^{1/3} = 1.59$$

$$20200(\text{km})$$

② 地盤伸縮計

伸縮計による地すべり観測



伸縮計は1mm以下のわずかな地表の変位すら記録することができる現在最も正確で信頼性の高い変位置計測装置です。常温付近で熱膨張率が低いインバーという特殊合金の鋼線をつかいます。インバーは鉄、ニッケルとマンガン、炭素が少量含まれています。発明者のスイス人シャルル・エドゥアール・ギヨームはインバーの発見とその応用研究で1920年のノーベル物理学賞を受賞しました。地すべりの計測では鉄にニッケル31.5%のほか、コバルトなどもインバー合金に加えて膨張率をさらに小さくしたスーパーインバー線が用いられています。スーパーインバー線の熱膨張率は純粋な鉄の1/100とされています。

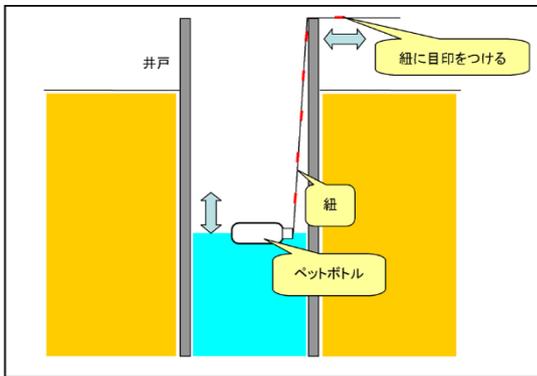
地盤伸縮計

ジオテクサービス株式会社 HP より編集

③④ 地下水位・雨量測定(水位計および雨量計)

地すべり調査における地下水位調査は、地すべりの誘因となる地下水の状況、および特性を把握するものであり、地すべりの安定解析、対策工の検討において重要な調査である(西村ほか(1997))。水位は降水量によって決まるため、雨量計による降水量の測定が同時に求められる。

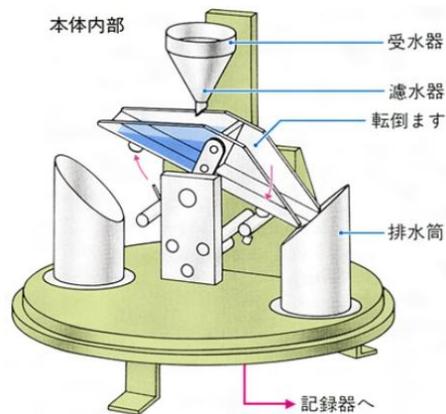
水位計は、新たにボーリング孔を掘り、中に水圧もしくは水位を検知する機具を設置する方法が一般に行われている。下左図は、既設の井戸を利用する簡易計測手法である。また、下右図は、気象庁のアメダスで使用されている、昔ながらの転倒ます雨量計である。



ペットボトルに紐を付けたものを井戸の中に入れ、紐が井戸の縁にあたる所に印を付けることによって、水位の概ねの変化を観測することができます。

簡易水位計測

農林水産省農村振興局 HP による



気象観測システム(転倒ます雨量計)

日本大百科全書による

### (3) 地すべり対策

地すべり対策の抜本的対策は、すべり落ちた未固結の土砂をすべて除去することであるが、前述したように、それは実用的でなく、不可能である。そこで、2次的地すべりを防ぐための工事を、下図を元に説明する。

#### ① アンカー工

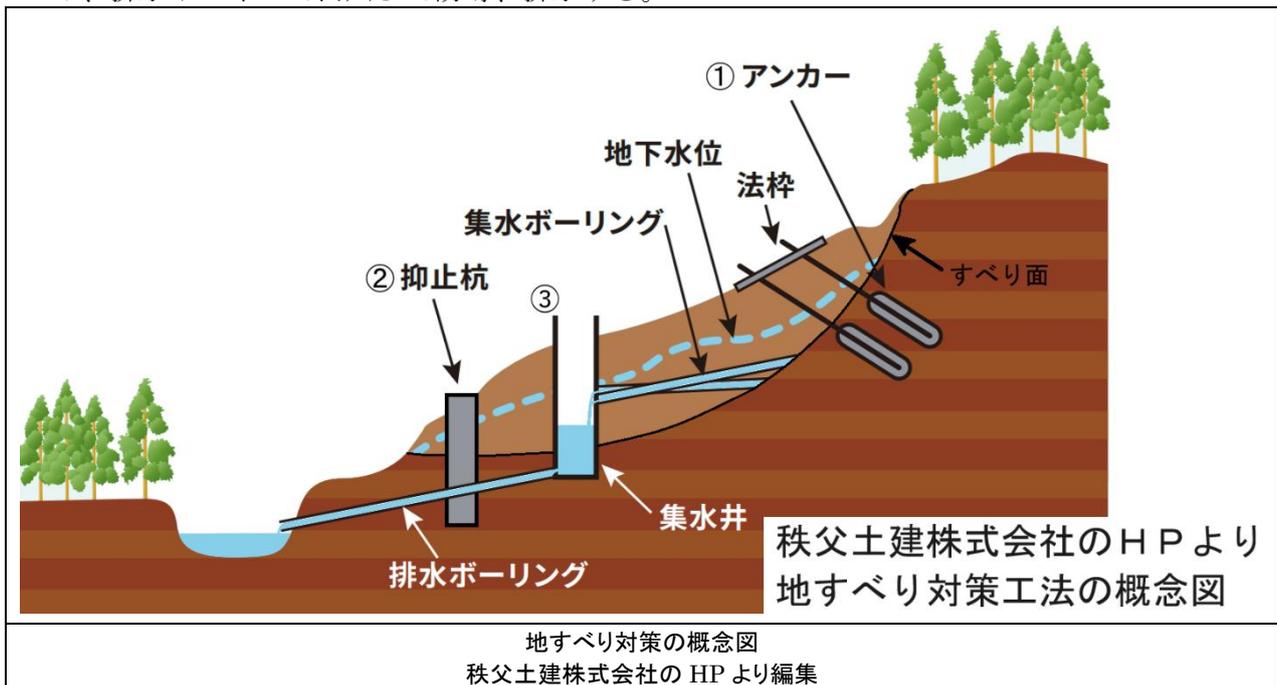
地表にコンクリートの枠を設置し(法枠(のりわく))、すべり面の下の動かない岩盤に埋め込んだアンカーとワイヤーで結び付ける。

#### ② 杭工

杭をすべり面の下の岩盤まで打ち込み(抑止杭)、土砂の滑落を防ぐ。

#### ③ 集水井工

滑落エリアに多数の井戸を掘り(集水井)、すべり面の上および下の地下水を集水井に集め、排水トンネルで河川まで誘導、排水する。



京都大学は1966年11月、徳島県三好郡池田町(現三好市池田町)に防災研究所地すべり研究部門の一部として徳島地すべり観測所を設置した。設置の際に、徳島県により敷地と建物が寄付され、以来2-3名体制で運営されている。

当施設での観測・研究結果は三好市、大豊町等の地方自治体の地すべり対策に生かされ、防災に大きく貢献している。

当施設には多くの学生、研究者が在籍し、巣立った研究者は、全国の大学で教授、研究機関の長、関係学会の長などを務めている。また当施設は、高知大学など四国内外の学生、研究者を受け入れ、現地学習会を開いている。

三好市はジオパーク活動を展開しており、そのスーパーバイザーが山崎新太郎先生であることを付記し、本稿を終える。

# 振り子時計で重力を測る(1)

竹島 洋文

## 1. はじめに



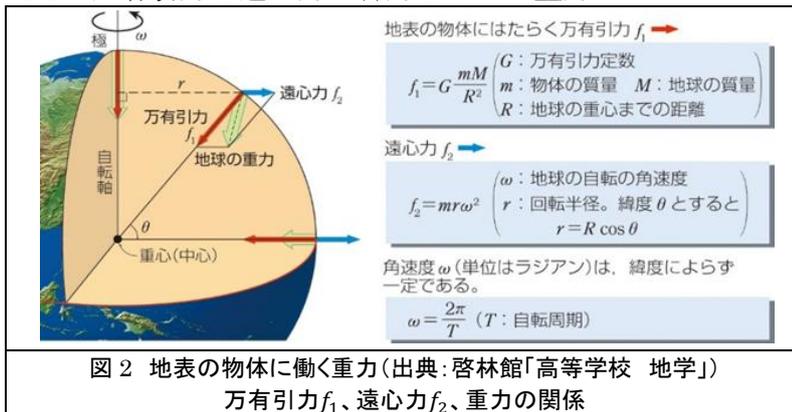
図1 高知小津高等学校の玄関に設置されている振り子時計

高知小津高等学校の玄関には図1に示す振り子時計(以下、玄関入口号)が設置されています。この時計の側面には、「1973年 高知小津高等学校」と記されており、1973年の創立100周年記念の時に設置され、新校舎になり、この場所に置かれたものと思われます。時計の動力源はおもりの重さ(重力による位置エネルギー)を使っており、おもりが下がってゆくと歯車が回転するようになっています。今製造されている時計はクォーツ時計がほとんどですが、1970年ごろにはゼンマイの力(弾性力による位置エネルギー)を使い、同じように振り子で時間を進める振り子時計が家庭にありました。家庭に普及した振り子時計は、右が動力、左は時報のねじ巻きがあり、当時一回巻くと、一か月ほど作動していました。振り子時計は、17世紀後半から20世紀にクォーツ時計が発明されるまで正確な時計として使われており、さまざまな科学技術が詰まった発明品です。今回、玄関入口号と同じ構造(ムーブメント)をもつ振り子時計を使って、地球の重力(重力加速度)を調べます。

1674年にフランスの天文学者ジャン・リシエは、地球-火星間の正確な距離を求めるために訪れたギアナでの体験(精密な振り子時計が、フランスに比べ毎日2分半ずつ遅れる。フランスに戻ると時計は、また正しい時を刻む。)から「低緯度へ行くと振り子の周期が長くなる」ことを発見しています。ニュートンはこれは「地球各所で重力の値がわずかつ異なる」ため、フランスとギアナでは、振り子に作用する地球の重力が異なるため振り子の周期が変化するとしました。さらに地球の自転による遠心力のため、地球は「赤道方向に膨らんだ形状」と主張しました。このあと、地球の形状に関する論議に発展しました。この主張に対し、カッシーニ(パリ天文台長、リシエの朋友)はフランス国内の測定の結果から地球は極方向に膨らんでいると主張しました。そこでフランス学士院は、赤道(ペルー・エクアドル)と高緯度(ラップランド)に観測隊を派遣し、緯度差 $1^\circ$ あたりの距離を測定し高緯度ほど緯度差 $1^\circ$ あたりの南北間の弧の長さが長いことが明らかになり、ニュートンが示した考えが正しいことが立証されました。このように振り子時計の周期の変化は地球の重力の分布だけでなく地球の形状に関わる議論のきっかけとなりました。今回は、限られた地域の中で、振り子時計を用いて重力の測定を試みようと思います。

## 2. 重力と振り子時計

### 2.1 万有引力と遠心力の合力としての重力



重力とは、地球上の物体にはたらく力で、地球の自転による遠心力と、地球の質量による万有引力との合力(合成された力)です。図2に示すように、地球上の物体は、地球の重力で地球へ引きつけられています。遠心力は自転軸に対して直角外向きにはたらき、力の大きさは回転半径に比例するため赤道で最大、極では0になります。また、万有引力は地球の重心

向きに働き、力の大きさは地球の重心までの距離の二乗に反比例します。地球の形状は地球重心から地表までの距離が赤道より極の方が短い回転楕円体で近似されるため、万有引力も赤道より極のほうが大きくなります。そのため、重力は赤道で最小となり、極域で最大となります。

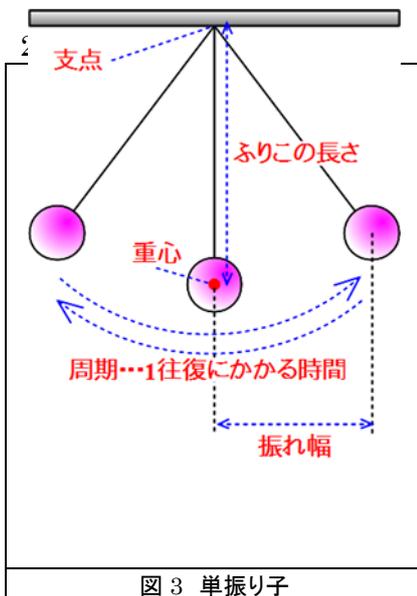


図3のように、おもりをつけた糸の端を固定し揺れる幅が糸の長さの十分に小さく、糸の質量がおもりの質量に比べて無視できるとき、この振り子の運動は「単振動」と考えてよく、このように定義された振り子が「単振り子」です。この単振り子の周期( $T$ )は、次の式のようにになります。

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

$L$ : 支点からおもりの重心までの距離  
 $g$ : 重力加速度

上の式からわかるように、単振り子の周期と振り子の長さを測れば、重力加速度を求めることができます。

日本における重力測定は、長岡半太郎が 18999 年頃、当時の最新鋭の重力振子を用いて、東京・ポツダム間で国際的な重力比較測定を行っています。基準点(重力値が既知:ポツダム)と観測点(重力値は未知:東京)とで同一振子を用いて、その周期の比を観測し東京における重力加速度を求めました。

$$\frac{g_{東京}}{g_{ポツダム}} = \left( \frac{T_{ポツダム}}{T_{東京}} \right)^2$$

航空機のない時代に国際標準の重力基準点を設定し、この得られた重力値はその後、日本・東南アジアの重力測定の基準として長く使われることになりました。

[つづく]

このあと3回にわけて書きます。

## 編集後記

- 本号では、昨年12月9-10日実施した第49回徳島巡検の後半を報告します。1年近く前の巡検ですが、今でも記憶に新しいことでした。  
この巡検で親しくなったT高等学校のF先生は他県に引っ越されましたが、縁あってその後を継いでT高等学校の教鞭をとっている今日このごろです。先週、台風14号による大雨でT高等学校の運動会日程が変更になり、日曜出勤となりました。その影響で23-25日が三連休となり、一気に編集を進めることができました。普通台風は熱帯低気圧→台風→熱帯低気圧と変わっていくのですが、台風14号は熱帯低気圧→台風→温帯低気圧と変遷しました。珍しいことですが、これで地学基礎の問題が1問できそうです。  
編集を急いだのには理由があります。本年10月より郵便料金が約30%上がります。そこで、現在の安い料金の中に郵送しようと、10月31日発行予定の会報の発行日を1か月繰り上げました。そのため、大豊町豊永の定福寺内にある土佐豊永万葉植物園の取材ができませんでした。報告は次号に譲ります。
- 今、自宅パソコンで編集作業をしています。デスクトップに「地学研究会作業場」フォルダーを作成し、それに取材データを保存しています。今開いてみると、数個の取材フォルダーがありました。順次、編集するつもりですが、原稿完成に至らない可能性があります。没にするのも忍びないので、1つ紹介しましょう。  
下写真は、東急大井町線沿線の等々力溪谷です。橋はゴルフ橋。ここでは、河川の争奪があった模様です。



東京都世田谷区 等々力溪谷公園

- 今日のシンジ君  
シンジ君は会計監査。今日は監査の日です。会計のチエちゃんといオンモール高知で会い、会計監査作業に入ります。ミナミ君は仕事の都合でこの作業場所にいました。ここにはシンジ君、チエちゃん、ミナミ君の他に妙齢の女性が同行、シンジ君がママと呼んでいることから、彼の奥さんでしょう。自分がいて監査の独立性が妨げられてはいけなと、ミナミ君は席をはずし、イオンモール内を散策。数十分後戻ると、監査の最終確認を二人がしていました、チエちゃんとママちゃんが。えっ、何？シンジ君は横でのんびりしています。ママちゃんに丸投げしやがったな。  
程なくして監査は終了。せめてサインはしてくれとミナミ君が言うと、ほいほいお安い御用と、シンジ君は満面の笑みで署名・捺印して、どうだと得意顔。はあ、とため息をつくミナミ君でした。  
以上は昨年の話。チエちゃんに聞くと、今年の監査はシンジ君本人がやったそう。シンジ君、ちっとは反省したのかね。

### 追加情報

ママちゃんのお顔を見たい方、本会報52号に掲載していますので、そちらをご覧ください。本会報は全号、オーテピア高知図書館の3階にある高知資料コーナーで閲覧可能です。