

2014年に化石林公園の見学に訪れた際に、太田橋の直下で、10枚以上の大変硬く垂直に走る岩脈様なものを観察しました。波打ったり枝分かれたり、厚さも不規則に変化しており、石英や方解石脈とも思えず、変わった岩脈という印象を持ちました。当時は、鹿野ほか（1995）がいう「珪質泥岩の岩脈」なのだと考えていました。古川ほか（2016）で「熱水破碎脈」と報告されたあと、2018年にも見に行きました。古川ほか（2020）の論文を読んで、熱水の存在という考えに大きな興味を惹かれ、2023年と2024年に観察した紹介です。

脈状岩石

脈状岩石は、砂岩泥岩互層の中に見られ。一般的には中心部が黒く、その両側を挟むようにやや白色の部分が伸びています（図3～図5）。傾向として、白い部分は砂岩中のものが厚くなっています。古川ほか（2020）は、様々な化学分析などから、オパール CT* の存在を確認しています。シリカ（ SiO_2 ）を多く含む熱水が流れているときに、冷却に伴って非晶質のオパール A が形成され、やがてオパール CT に変化するそうです。

*オパール CT：顕微鏡を用いても結晶が区別できないほど極微な結晶が集まってできた SiO_2 で、水分が蒸発したのちにクリストバライトや鱗珪石となり、最終的に水晶や玉髄に変化します。

このことから古川ほか（2020）は以下のような脈状岩石の形成過程を推測しています。最初に地下の浅い所で、軽石成分が溶け出した熱水流体（地下水）が、大きな水圧によって上に向かって岩石を破碎し、上昇浸透します。それによって周囲の砂岩や泥岩が硬くなりました（白い部分）。その後、脱水と冷却に伴って収縮したため割れ目ができます。そしてその割れ目に沿って、火山岩成分を溶かした地下水が上昇して黒い部分ができます。黒い色は含まれる有機物成分が原因です。そして地下水の上昇に伴う破碎と沈殿が繰り返されました。黒色の部分には白色から淡青色の物質が見られます（図6）。産状から繊維状の石英の集合体（カルセドニー：玉髄）だそうです。また、そこでは、隙間に溜まったカルセドニーが片方（堆積時の下の方）に厚く溜まるジオペタル構造*（図6）も見られます。白い部分は軽石片の化学成分が溶出した流体を起源とし、黒い部分は氾濫原の還元的環境で形成された火山岩由来の成分を溶解した酸性流体が起源であると考えられています。

*ジオペタル構造：地中の空隙に、部分的に堆積物が入り込んで出来る構造で、地層の上下判定に用いることができます。



図3 脈状岩石（図2 point B）

数本以上の脈状岩石が見られます



図4 脈状岩石（図2 point B）



図5 脈状岩石 (図2 point B)



図6 カルセドニーに見られるジオペタル構造 (図2 point B)

中村層と蜂屋層の関係

新太田橋付近ではトラフ型斜交層理の発達する砂岩が見られます。これらは河川によって運ばれてきた堆積物で、南へ流れていたことがわかっています。火山岩の礫も多く含まれることなどから、中村層の堆積物は、北側に数 km の距離で接する蜂屋層の堆積物が、再移動、再堆積したものと考えられます。そして、西側に位置する太田橋周辺の泥勝ち砂泥互層は、^{ほんらんげん}氾濫原に堆積したと考えられています。蜂屋層は中村層の北側に広く分布しており (図1)、約 2400- 2000 万年前の年代が得られています。中村層の凝灰岩からは、約 2200-2000 万年前の年代が得られています。これらの年代値や産状から鹿野ほか (1995) は、同時代の堆積物である可能性を指摘しています。蜂屋層からは活発な火山活動があったことが知られ、中村層にも厚い火山灰層あることから、中村層の堆積時は、蜂屋層の火山活動が継続中～ほぼ終了したころと考えられています。このことから、中村層内においても地熱活動があった可能性は十分にあり、脈状岩石は、中村層堆積時に循環していた熱水流体から沈殿したと考えられています。



図7 トラフ型斜交層理の発達する砂岩 (図2 point D)



図8 太田橋付近の砂泥互層 (図2 point B)



図9 珪化木 (図2 point C1)



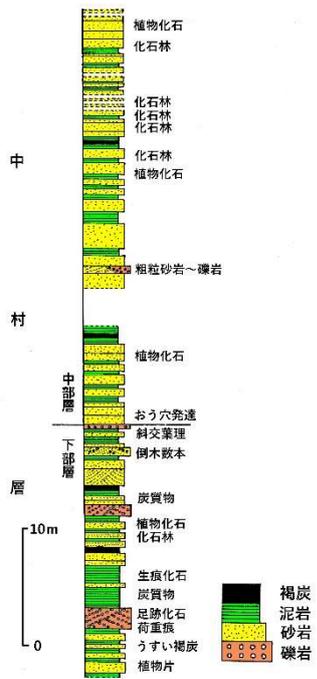
図10 安山岩礫の目立つ礫層 (図2 point C2)



図11 垂炭層を挟む砂泥互層 (図2 point C3)



図12 斜交葉理のみられる砂岩層 (図2 point D)



木曾川右岸新太田橋一帯の中村層地質柱状図

図13 新太田橋付近の地質柱状図 (鹿野ほか, 1995)



図14 材化石(倒木)の痕跡 (図2 point E)



図 15 下部層の礫層 (図 2 point E)



図 16 礫層中の炭酸塩脈 (図 2 point E)

化石林公園周辺には、直立した状態で泥岩に埋没した樹幹化石が多数見られます (図 17)。これは速い速度で埋積したことを示しているの^{おおむ}で、蜂屋層を形成した火山活動が概ね終了していた時期にも、大量の火山砕屑物が河川によって氾濫原に運ばれてきたを示しています。

黄鉄鉱ノジュール

土壤が還元状態の時には、一般的に鉄は酸素ではなく硫黄と反応し硫化鉄 (黄鉄鉱) をつくる^{おおむ}ことが知られています。太田橋～新太田橋の砂岩には多くの黄鉄鉱ノジュールが含まれています (図 18)。この還元状態の出現理由を、古川ほか (2020) は次のように説明しています。

中村層からは植物化石が多く産出し、他にもドブガイ、タニシなどの淡水生の貝類や、淡水魚の化石が発見されています。これらの豊富な有機物はその後、微生物により分解



図 17 樹幹化石 (図 2 point A)

され、それに伴い大量の酸素が消費されるため土壤は還元状態になります。中村層堆積時は還元的な環境であったと考えられ、多数の黄鉄鉱ノジュールが形成されました。一方、豊富な硫黄は、火山噴火に伴い放出された二酸化硫黄 (SO_2) ガスが供給源であると考えられています。火山噴火由来の SO_2 が大気中の活性酸素 (酸化力が強い) と反応することで硫酸が生成されます。そしてこの硫酸が周辺に降り積もり、火山周辺の土壤を酸性化します。このように、蜂屋層の噴火活動で放出された二酸化硫黄ガスの影響で、中村層内を循環する流体は酸性化していた可能性があります。



図 18 黄鉄鉱ノジュール (図 2 point B)

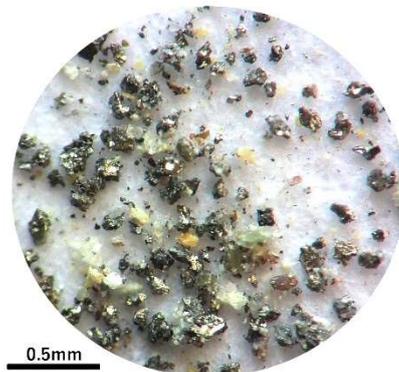


図 19 黄鉄鉱ノジュールを砕いたもの

熱帯性植物化石

2023年に化石林公園などで見られる樹幹化石の樹種がすべてオベチェ（アオイ科）の仲間の絶滅種ワタリア（*Wataria parvipora*）であること、その林床には、ウリノキモドキ（*Byttneriophyllum tiliifolium*）という1種類の葉のみが埋積されていることが報告されました。植物化石はほとんどの場合、葉と幹はバラバラで発見されますので、どの葉がどの幹のものか断定できない場合がほとんどです。そのため葉や幹に別々の学名が与えられているが普通です。今回は1種類の葉化石しか出ないことから、幹と葉は同一のものだと判断されたのです。

ウリノキモドキは約1900–1000万年前の北半球に普遍的に見られ、現生のオベチェはアフリカ中央部だけに分布する熱帯性の高木です。新第三紀中新世の前半（約1900–1600万年前）は温暖期で、約1600万年前には地球の気温は現在よりも平均で最大4℃高くなつたと考えられています。ウリノキモドキはこの温暖期を代表する植物で、北半球から広く見つかっています。今回の私の調査では残念ながら、同定しうるものは見つかりませんでした。

新太田橋付近から豊富な植物化石が産出することは古くから知られ、伊奈ほか（2007）は43種を報告しています。広葉樹がすべて落葉樹で、種組成も阿仁合型植物群の特徴をもっており、温暖種を伴う阿仁合型植物群と考えられています。阿仁合型植物群は、比較的寒冷な地域に生育する植物群といわれますが、*Liquidambar miosinica*（マンサク科 フウ属）が産出することから温暖な要素もあるとされています。今回の発見により熱帯性の植物との関連は今後の研究に待つことになりそうです。



図20 ウリノキモドキ（Nishino *et al.*より）



図21 砂岩層中の植物葉化石（図2 point D）
多くの多種類の葉化石などが産出します



図22 泥岩中の珪化木（図2 point D）
表面は白くなっていました



図23 メタセコイアの葉化石 (図2 point D)



図24 メタセコイアの球果化石 (図2 point D)

珪化木

1994年10月、湧水に伴い木曾川河床から多くの樹幹化石(珪化木)が報告されました(図17)。新聞記事によると暖温帯に自生するアオギリ科チャセンギリ属の樹木と書かれています。かつてはメタセコイアなどの針葉樹とされていることが多かったと思います。珪化木は炭田の“邪魔者”として古くから注目されており、石炭と共産しています。筑豊炭田地域では、多くの珪化木が石垣や庭石に利用されていました(村松, 2019)。石炭も成因の要素として熱と圧力が考えられています。SiO₂は熱水(温泉水)から比較的短時間で樹幹の中にもたらされることがわかっています。村松(2019)が指摘したように、珪化木の保存の良さから推定される珪化に要する時間の短さからは、熱水の存在は大変重要と考えられます。愛知県内でも多くの場所で珪化木は見つっていますが、ほとんどが再堆積したものと考えられます。その供給源として、蜂屋層や中村層は最有力候補地です。今回、熱水の存在が示されたことは珪化木の形成の仕組みに大きなヒントが与えられたと考えます。

参考・引用文献

古川邦之, 西本昌司, 和田稷隆, 新正裕尚, 金丸龍夫, 2016, 瑞浪層群中村累層に見られる熱水破砕脈とそれに伴う母岩の珪化. 日本地質学会講演要旨。

古川邦之, 西本昌司, 金丸龍夫, 和田稷隆, 新正裕尚, 2020, 瑞浪層群中村層における脈状岩石の形成過程. 地質雑, 126 (12), 697-712.

伊奈治行, 齊藤 毅, 川瀬基弘, 王 偉銘, 2007, 岐阜県南部の下部中新統中村層から産した *Liquidambar* (フウ属, マンサク科) の葉, 果実および花粉化石. 地質雑, 113 (10), 542-545.

Megumi Nishino, Kazuo Terada, Kazuhiko Uemura, Yuki Ito¹ & Toshihiro Yamada, 2023, An exceptionally well-preserved monodominant fossil forest of *Wataria* from the lower Miocene of Japan. *Scientific Reports*, 13:10172.

美濃加茂市教育委員会, 1994, 大地の生い立ち美濃加茂.

村松憲一, 2019, 珪化木考. 名古屋地学, 81, 6-14.

鹿野勘次, 川合康司, 寺田和雄, 糸魚川淳二, 可児光生, 1995, 美濃加茂盆地における中村累層の地層と化石. 51p., 美濃加茂市教育委員会.