

近江カルスト、河内風穴の大規模空洞における 割れ目系と洞窟発達

浦田 健作

Fracture system and cave development in Kawachi no Kaza- ana (cave), Oumi karst, Shiga Prefecture, Central Japan

Kensaku URATA

要旨

近畿地方最大のカルスト地域である近江カルストのカルスト・システム形成においては鈴鹿山地を形成した地殻変動の影響が大きいと考えられるが、具体的な研究例はこれまでほとんどない。本研究では近江カルストのカルスト・システムの形成と鈴鹿山地形成ならびに地殻変動の関係を解明する資料を得るために、滋賀県多賀町の霊仙山石灰岩体中に形成された石灰洞である河内風穴において、大規模空洞である「シアターホール」と「ドリームホール」を中心に割れ目系と洞窟拡大の関係を調査した。

シアターホールおよびドリームホールには西北西－東南東系、南北系、北西－南東系の3つの割れ目系が発達する。傾斜は垂直に近いものが多い。これらの割れ目系は断層と節理からなる。崩落による空洞形成はおもに西北西－東南東方向の割れ目系に沿っている。シアターホールから北側の観光洞部分にかけて、割れ目による空洞の支配構造と空洞発達方向が西北西－東南東系から南北系へと大きく変わることから、2つの割れ目系による流路争奪、あるいは古地下水流が合流していた可能性が考えられる。

河内風穴全体では西北西－東南東系、南北系、北東－南西系の3つの割れ目系がよく発達し、西北西－東南東系の垂直な割れ目に沿って石灰岩の溶食が進んでいることから、この方向の割れ目系が最も地下水が通りやすい開いた割れ目系であると考えられる。

キーワード：近江カルスト、河内風穴、割れ目系、洞窟拡大、滋賀県多賀町

1. はじめに

カルスト・システム (Urata, 2009) を構成する石灰洞の形成は石灰岩の割れ目に沿って地下水による溶食作用が進行することによって始まり、空洞は水流による浸食作用とともに割れ

目に沿う崩壊作用が加わって拡大していく。このように石灰洞の形成は石灰岩の割れ目系の影響をうけて進行するため、その成因、発達過程を考察する上で割れ目系の分布とそれに伴う空洞拡大を調査することが重要である。また割れ目系の分布はカルスト・システムの主体である地下水系の骨組み（フレームワーク）と、割れ目系を形成した地殻変動ならびに地形形成の関係を解明する重要な手がかりとなる。

近畿地方最大のカルスト地域である近江カルスト（新帯，1918）が分布する鈴鹿山地は若狭湾－琵琶湖－伊勢湾とともに日本列島中央の大きなくびれを形成する特異な場所に位置し（図1）、プレート運動の東西方向の圧縮による第四紀後期の断層運動によって隆起した地壘山地である（太田，2004；小池，2004）。このように、近江カルストのカルスト・システム形成においては地殻変動の影響が大きいと考えられるが、具体的な研究例はこれまでほとんどない。そこで本研究では近江カルストのカルスト・システムの形成と山地形成ならびに地殻変動の関係を解明する資料を得るために、滋賀県多賀町の霊仙山石灰岩体中に形成された石灰洞である河内風穴において、割れ目系と洞窟拡大の関係を調査した。ここではおもに河内風穴中の大規模空洞である「シアターホール」と「ドリームホール」での調査結果（浦田，1987）をもとにその後の進展を加えて考察し、河内風穴全体については予察的に報告する。

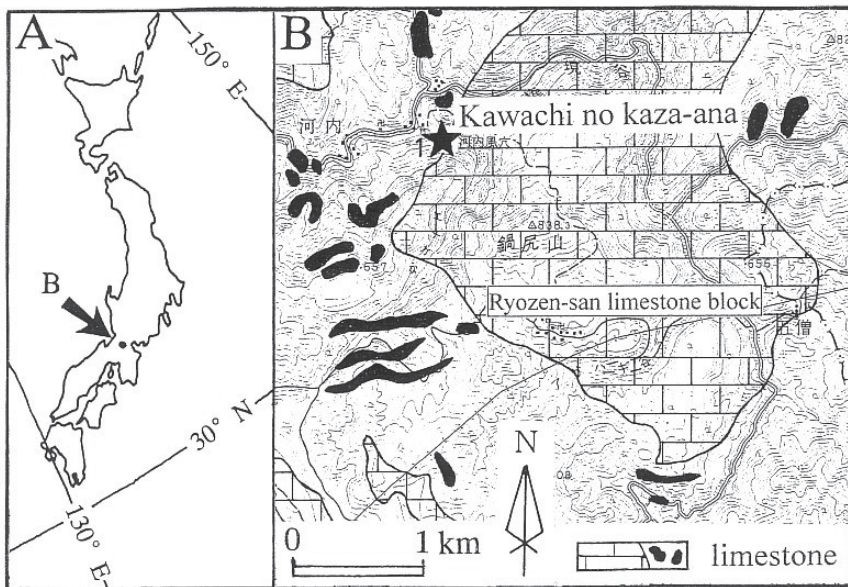


図1. 調査地域位置図 (A) と近江カルスト中央部の石灰岩と河内風穴分布図 (B). 宮村ほか (1976), 山縣 (2000) を編集. 1/5万地形図「彦根東部」(国土地理院, 1990) 使用.

Fig.1. The study area (A) and limestone and Kawachi no kaza-ana (cave) distribution in the central Omi Karst (B). Compiled from Miyamura et al. (1976) and Yamagata (2000). Map modified from 1/50,000 scale geomorphological map 'Hikone toubu' (Geographical Survey Institute, 1990).

2. 地質・地形概説

近江カルスト（新帯，1918）は滋賀県と三重県の県境付近において伊吹山から鈴鹿山地北部にかけて南北約40km、東西十数kmの範囲に分布する大小の石灰岩地域の総称であり、近畿地方を代表する日本有数のカルスト地域である。これらの石灰岩は中生代ジュラ紀付加体である美濃帯中の古生代ペルム紀の海洋岩石であり（佐野・小嶋，2000）、大部分が山縣（2000）によって「北鈴鹿ユニット」とされた構造層序ユニットに含まれる。石灰岩体の分布状態によって近江カルストは北部の伊吹山地域、中央部の鈴鹿山地霊仙山地域、南部の鈴鹿山地御池岳・藤原岳地域の3つの地域に分けることができる（浦田ほか，2010）。

本研究地である河内風穴は、近江カルスト中央部最大の石灰岩体である霊仙山石灰岩体（南北7.5km、東西2～3km）の南西部に位置する（図1）。霊仙山石灰岩体は最高点の霊仙山（標高1083m）から最低点の河内風穴付近まで高度差700mに達する大きな起伏を持ち、平滑斜面、峡谷、枯谷などの山地カルスト地形がよく発達する。鈴鹿山地は山地東麓が一志断層、西麓は近江－伊賀断層系に限られて西に傾く傾動山地であり、分水界の位置が著しく東に偏っている（小池，2004）が、霊仙山石灰岩体も山地の西斜面にあり、河内風穴内を流れる地下川は地表に湧出して琵琶湖に注ぐ芹川の水源の一つになっている。

河内風穴は芹川上流のエチガ谷の北斜面に開口する。全体に北から南へ直線距離で約430m延びる。迷路状の通路が南北方向に連続するが、途中の「シアターホール」と「ドリームホール」の部分では奥へ向かって西から東へ屈曲している（図2上図）。後藤（2006）によると2006年までに測量された長さは6,800m、高度差83.3mに達し、さらに調査が続行されている。千葉（2010）によると日本第4位の長さである。洞口付近は観光洞として公開されている。

3. 調査方法

河内風穴観光洞の奥部で1987年3月に発見された「シアターホール」と「ドリームホール」と名付けられた空洞は、大規模な崩落によって拡大した洞窟空洞であり、天井や壁面に空洞拡大に関与した割れ目系がよく発達する。ブランチンコンパスを使用して割れ目の走行、傾斜を測定し、分布ならびに空洞形態との関連を観察した。割れ目は破碎帯、擦痕の有無によって節理と断層に分類した。河内風穴のほかの部分については、主要な通路について観察した。

4. 調査結果

図2に「シアターホール」と「ドリームホール」の割れ目系記載結果を霊仙山洞窟調査隊・ひみず会（1989）の洞窟平面図に記入して示した。

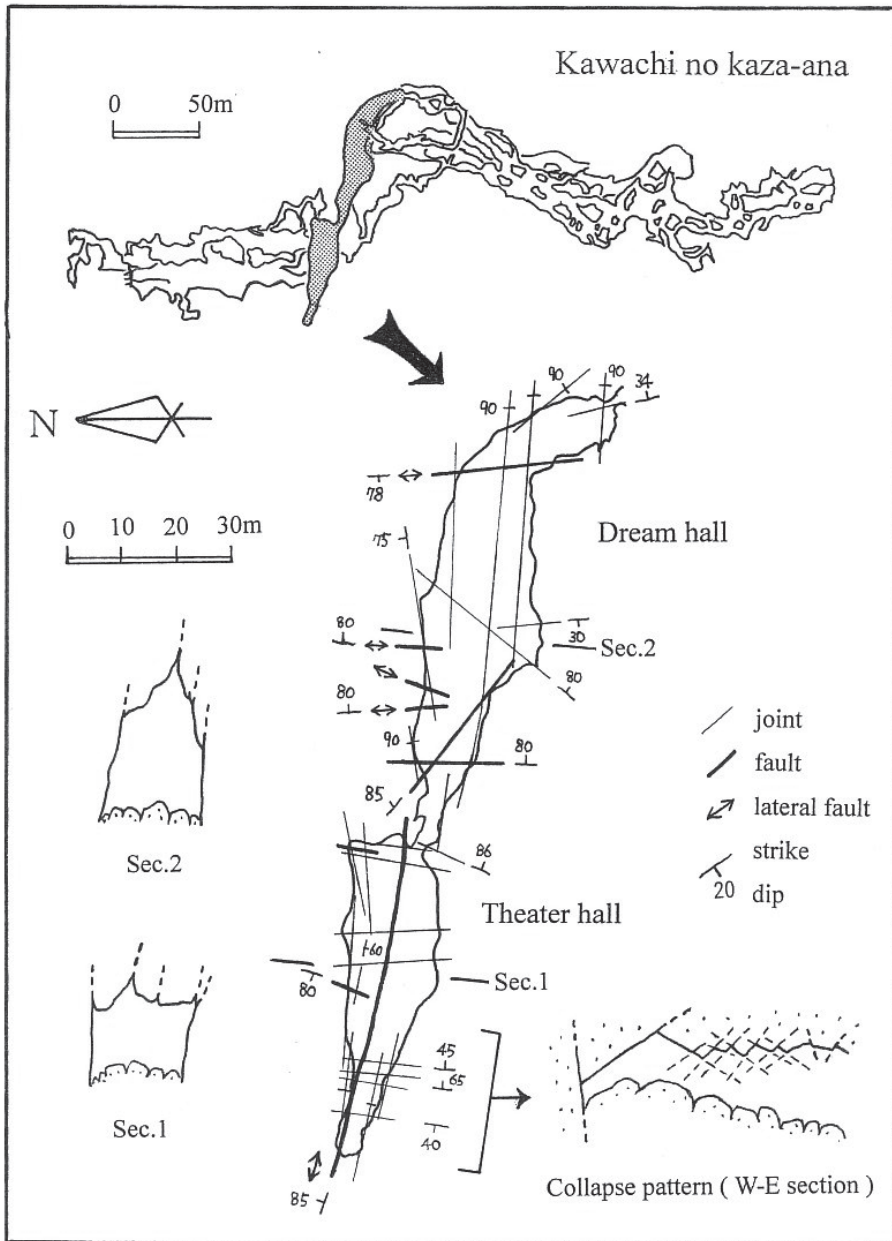


図2. 河内風穴のシアターホール、ドリームホールにおける割れ目系分布。「河内風穴平面図」(霊仙洞窟調査隊・ひみず会, 1989) 使用。

Fig.2. Fracture system distribution in Theater hall and Dream hall of Kawachi no kaza-ana (cave) . Cave map modified from Ryozensan cave research group and Himizu-kai (1989) .

1) シアターホール

西側のシアターホールは、東西方向に長さ約60m、幅5～15m、天井高10～15mほどの規模で、空洞全体が東から西に傾斜しており、床面は崩落岩塊におおわれている。空洞は垂直に近い西北西－東南東方向の割れ目系に沿って細長く延びる。並行する割れ目に沿って壁面が形成されており、また天井部に同方向の大きな割れ目が存在する。この割れ目は破碎された角礫や水平な擦痕が刻まれた鏡肌が見られる横ずれ断層であり、東側のドリームホールの延びの方向も規制しているようである。

西北西－東南東方向の割れ目系に直交して南北方向の割れ目系が分布する。この割れ目系には、破碎帯をとまなう垂直な断層と、東または西に40度～50度で傾斜する共役的な節理とがあり、後者に沿って均等に天井が崩落するパターンが認められる（図2右下）。

西北西－東南東方向の割れ目系には溶食形態がよく発達しており、割れ目に沿って管状の飽和帯通路が形成されている部分もある。南北方向の割れ目系には溶食形態は少ない。

2) ドリームホール

シアターホールとドリームホールとの連結部分では、北西－南東方向の割れ目系が認められる。この割れ目系は東側のドリームホールに続き、ホールの南壁を構成している。

ドリームホールの西半分は長さ約40m、幅10～15m、天井高20～25mの直線的な空洞がほぼ水平に東西に延びる。東半分は長さ約40m、幅10～15m、天井高10m程度の空洞が東から南へ湾曲し、また鉛直方向では東から西に傾斜する斜洞となる。崩落岩による床の傾斜は東側の斜面上部ほど急になり、傾斜角45度に達する。

ドリームホールの中央部の天井には長軸方向に延びるほぼ東西方向の垂直な大きな割れ目があり、この割れ目を中心に天井が崩落して上方へ空洞を拡大している。ホールの北壁はほぼ東西方向で75度東傾斜の割れ目、南壁は北西－南東方向のほぼ垂直な割れ目に沿って形成されている。

ホールの長軸方向に直交する割れ目も多いが、空洞形成にはあまり影響していない。ホール西端から10m付近には明瞭な鏡肌が見られる水平横ずれ断層がホールを横断している。

3) その他の地域

シアターホール、ドリームホール以外の部分について簡単に割れ目系の傾向と洞窟形態について述べておく。

洞口から続く観光洞部分にはシアターホール、ドリームホールと同規模の大きな空洞があり、ホールの上層には飽和帯通路が存在する。このホールは全体に南北方向に直線的に延びており、南北方向の割れ目に沿って拡大したものと思われる。天井にはホールを横断する東西方向の割れ目系が発達しており、割れ目に沿う通路が上層と連結している。

ドリームホールより南側の洞奥部でも多層構造が発達する。下部は崩落が著しいが上部では空洞の原形をよく残しており、立体迷路状の飽和帯通路が発達している。割れ目による通路の

構造支配は明瞭ではないが、南北系、西北西－東南東系、北東－南西系の割れ目系が見られる。また北西－南東方向の割れ目系としては、幅1～1.5mの破碎帯を形成する南傾斜の高角度断層があり、この断層によって高度差20m以上にわたって通路が崩壊している。

5. 考 察

以上のように、シアターホールおよびドリームホールには西北西－東南東系、南北系、北西－南東系の3つの割れ目系が発達する。傾斜はいずれも垂直に近いものが多い。これらの割れ目系は破碎帯や鏡肌が認められる断層と、破碎帯を伴わない節理からなる。崩落による空洞形成はおもに西北西－東南東方向の割れ目系に沿っており、南北系の割れ目の影響は小さい。

河内風穴全体についてまとめてみると、割れ目系については、西北西－東南東系、南北系、北東－南西系の3つのものがあり、多数の断層が認められる。これらの割れ目系のうち、西北西－東南東系の垂直な割れ目に沿って顕著に石灰岩の溶食が進んでいることから、この方向の割れ目系が最も地下水が通りやすい開いた割れ目系であると考えられる。

シアターホール、ドリームホールでは割れ目に沿った崩落が著しく、崩落以前の空洞の原形は不明である。シアターホールから北側の観光洞部分にかけて、割れ目による空洞の支配構造が西北西－東南東系から南北系へと大きく変わる。ここで洞窟の平面形は図2上部のように北向きに逆T字型になっているが、これは2つの割れ目系による流路争奪を示すのではないだろうか。あるいは西北西－東南東系の割れ目に沿って西から東へ流れてきた地下水流がここで合流したのかもしれない。いずれにしてもシアターホールの西側には古い地下水流路が存在する可能性が高い。

今後の課題として、河内風穴全体の空洞形成における割れ目系の構造支配について、全洞において割れ目系の分布、形状、空洞形態との関係等を調査した上で、全体の傾向をもとに改めて考察したい。野外地質との比較から、河内風穴周辺のカルスト水系における広域的な割れ目系と水理地質との関連を考えたい。また、本田ほか(1989)に指摘されたように、鈴鹿山地の隆起に関連する活断層系との関連についても検討が必要である。

謝辞

影林康雅氏、近藤淳郎氏を中心とする鈴鹿プロジェクトの関係者ならびに滋賀県多賀町には現地調査においてご協力いただいた。須佐見吉生氏には近畿地方の洞窟についてご教示いただいた。追手門学院大学西川喜朗教授、大阪経済法科大学沢 勲名誉教授、故大橋健教授、愛媛大学鹿島愛彦名誉教授には研究全般にわたってご指導いただいた。これらの方々に深く感謝する。

参考文献

- 千葉伸幸, 2010, 私見・日本の大洞窟リスト. ケイピング・ジャーナル, (39), 24-27. 日本洞窟学会.
- 後藤 聡, 2006, 河内風穴調査の現状と展望. ケイピング・ジャーナル, (26), p29. 日本洞窟学会.
- 本田幸雅・影林靖雅・水島明夫, 1989, 多賀町の石灰洞. 水島明夫(編), 多賀町の石灰洞. 58-63. 滋賀県多賀町.
- 宮村 学・三村弘二・横山卓雄, 1976, 彦根東部地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅). 49p. 地質調査所.
- 新帯國太郎, 1918, 近江のカルスト. 地學雜誌, 30, [354], 370-375.; [355], 438-446. 東京地學協会.
- 小池一之, 2004, 鈴鹿山地. 太田陽子・成瀬敏郎・田中眞吾・岡田篤正(編), 日本の地形6 近畿・中国・四国, 42-43. 東京大学出版会.
- 太田陽子, 2004, 近畿三角帯概説. 太田陽子・成瀬敏郎・田中眞吾・岡田篤正(編), 日本の地形6 近畿・中国・四国, p40. 東京大学出版会.
- 霊仙洞窟調査隊・ひみず会, 1989. 河内風穴平面図. 水島明夫(編), 多賀町の石灰洞. 付録図版1. 滋賀県多賀町.
- 佐野弘好・小嶋 智, 2000, 美濃一丹波一足尾テレーンの石炭〜ジュラ系海洋性岩石. 地質学論集, (55), 123-144. 日本地質学会.
- 浦田健作, 1987, 河内風穴のシアターホール, ドリームホールにおける割れ目系. 近藤淳郎編, 鈴鹿・霊仙洞窟調査(第1回〜第5回)(鈴鹿プロジェクトI〜V)報告書, 42-45. ひみず会.
- Urata, K., 2009, Formation of the Hirao-dai karst system, Fukuoka Prefecture, Japan. *Bulletin of the Akiyoshi-dai Museum of Natural History*, (44), 5-45.
- 浦田健作・近藤淳郎・吉村和久, 2010. 近江カルスト, 佐目石灰岩体に発達する犬上川地下水系. 大阪経済法科大学地域総合研究所紀要, (2), 173-184.
- 山縣 毅, 2000, 鈴鹿山脈北部, 美濃帯の海洋性岩石の混在. 地質学論集, (55), 165-179. 日本地質学会.