

ごみ燃料の最新動向と注目される活断層と地盤対策

—環境計画センター通常総会における話題提供から—

技術士（衛生工学・建設・環境）・第1種放射線取扱主任者等
環境計画センター 専任理事 **鍵谷 司**

今年6月10日に京都市左京区の近畿地方発明センター第一会議室において開催された平成28年度環境計画センター（会長：植田和弘・京都大学大学院教授）の通常総会において、7件の話題が提供された。

話題内容は、基調講演と一般講演に区分し、前者は主にごみの燃料化に関する講演を、後者は、社会的に大きな関心が払われている活断層と地盤対策、埋立処分場の浸出水に含まれる塩素分を有用な次亜塩素酸ソーダとして回収する水処理技術、原発事故による放射能で汚染された福島県の被ばくの森について話題を提供していただいた。とくに、今年4月から頻発している熊本大地震が活断層に沿って発生していることが大きな話題になっていることから一般講演の柱とし、熊本地震の現地調査結果などについても追加して紹介していただくと共に詳細を寄稿していただいた。

【基調講演】 ごみ固形燃料（RDF & RPF）等の動向について

- 話題提供①「どうする、RDF技術！」
…技術士（衛生工学、建設、環境）、環境計画センター専任理事 **鍵谷 司**
- 話題提供②「MBT（メタン発酵+固形燃料製造）システムの実用化の可能性」
…（公財）廃棄物・3R研究財団上席研究員 **渡辺 洋一**
- 話題提供③「RPF（廃プラ固形燃料）の現状と今後の動向について」
…環境計画センター会員（技術士；化学部門） **高橋 明男**
- 話題提供④「高温過熱水蒸気による炭化・ガス化と環境排ガス浄化について」
…大阪産業大学発ベンチャー企業・(株)オーエスユー代表取締役 **山田 修**

【一般講演】 エコ次亜生成技術、活断層と地盤対策、被ばくの森

- 話題提供⑤「脱塩濃縮水の隔膜電解法によるエコ次亜生成技術に関する研究」
…クボタ環境サービス(株)大阪支社水処理事業部 **滝本 太郎、堀井 安雄**
- 話題提供⑥「活断層地盤の利活用 ～地盤情報を活用して地盤災害を防ぎ、土地の有効利用を図る～」
…環境計画センター副会長 **中川要之助**
- 話題提供⑦「どうなる、被ばくの森」
…環境計画センター専任理事（第一種放射線取扱主任者等） **鍵谷 司**

【基調講演】 ごみ固形燃料（RDF & RPF）等の動向について

平成6年4月に自治体のごみ処理施設としてRDF化施設が我が国ではじめて富山県砺波広域圏事務組合において本格稼働し全国的に燃料化の関心が高まった。当センターでは同年7月に京都で「ごみ固形燃料化技術に関するセミナー」を開催し、平成15年7月までに全国で15回開催した。ごみを燃料として利用できることやごみを燃やさない燃料化方式が脚光を浴び普及した。が、安定的な需要先と目されたRDF発電貯蔵サイロにおいて平成15年8月に爆発炎上する事故が発生した。全国紙をはじめ多くのマスコミが、RDFの有用性について全く触れることなく、自然発火する危険な燃料であると連日報道を繰り返したため、その普及は完全に停止した状態である。

その後、燃料以外に利用方法が限られる廃プラ及び紙ごみを原料としてRPFのJISが平成22年1月に制定された。RPFは、RDFのように発酵しないので安全な燃料であることが強調され普及が図られた。その結果、現状では、原料である廃プラが不足する状況に至っている。なお、発酵しないはずのRPFも大量に保管すると自然発熱し、ボヤや小火災が頻発している。マスコミで取り上げられていないが、現場では大きな問題になっている。

生物由来の有機物を含む家庭ごみから製造したRDFは、二酸化炭素の排出削減効果があり、かつ原料である家庭ごみは安定的に大量に排出されるので、その有効利用性は捨てがたい魅力がある。さらにRDF化以外にも、ごみを蒸し焼き、高温高压処理（150気圧、200℃）あるいは常温での過熱高温蒸気（1,000℃以上）による炭化など様々な取り組みが行われている。

このような状況を鑑みて、20年以上にわたってごみの燃料化に取り組んできた環境計画センターとして「ごみ固形燃料（RDF & RPF）等の最新動向」を紹介することを目的として4編を基調講演とした。

以下は、講演していただいた内容について筆者が一部追記して要旨としてまとめものです。

【話題提供①】



どうする、RDF技術！

技術士（衛生工学、建設、環境）

環境計画センター 専任理事 鍵谷 司

平成15年のRDF発電所火災事故以来、ごみ発電に移行したが、低い発電効率（12%）、リサイクル率は横ばい（20%）である。日200t以下をRDF発電するとCO₂削減、リサイクルの向上に大きく寄与できることを数値でもって紹介した。捨てるには誠に「もったいない」技術である。

【要旨】

平成8年頃にごみ焼却施設から猛毒ダイオキシン類の排出が社会問題となった。日量100トン以上（人口が10万人相当から排出されるごみ量）の24時間連続運転型の大型焼却炉がダイオキシン類の発生量が少ないことから推奨され、この規模を確保するために広域化が推進された。一方、中小規模のごみ焼却時のダイオキシン対策としてRDF化方式が推奨され、その利用先としてRDF発電所が全国で5箇所整備された。本格稼働が始まった直後の平成15年8月にRDF貯蔵サイロが火災・爆発炎上した。これを契機にRDFは危険な燃料としてネガティブ報道が繰り返され、普及は急停止した。しかも公的機関による原因究明では、空気

中の水分を吸収して発酵発熱したとの結論とした。が、その後の関係機関による原因究明では、「RDF中の有機物が空気中の酸素との酸化反応に伴って発熱し、大量保管により蓄熱して温度が上昇し発火に到った」ことが検証されている。

その後も全国紙等がRDF化施設の数少ない失敗事例を取り上げてあたかも未熟な技術であるかのような稚拙な記事が報道された。また、信じられないことに国の会計検査院によるRDF処理方式はごみ焼却費の2倍も高いとする検査報告がマスコミをにぎわした。RDF製造量は原料ゴミの約半分が製造されるので、RDF製造単価はごみ処理単価の2倍になる。RDF製造単価とごみ処理単価を比較するという信じがたい誤りであるが、訂正もされていない。

平成12年6月に循環型社会形成推進基本法が施行され、リサイクル社会への移行を目指して物質リサイクルを優先して取り組んできたが、家庭ごみのリサイクル率は20%程度で横ばい状態である。容器包装など個別のリサイクル法を制定して

遂行してきたがこれ以上の向上は見込めない状況である。リサイクルには、ごみ焼却時の発電などの熱利用は含まれないが、RDFや炭化物は燃料であり、計上される。つまり、今後リサイクルの向上を目指すために燃料化が最も有望であることを示す。現状における家庭ごみのリサイクル率は約20%程度で、RDF化等による寄与は0.8%程度である。これを日量100トン以下のごみ焼却施設を全てRDF化で対応すると、リサイクル率は30.8%に、200トン以下を対象にすると47.2%に、300トン以下では61.8%に大きく向上する。

ところで、平成24年7月に制定されたFITにより太陽光発電等の自然エネルギーによる発電量が急増している。しかし、自然エネルギーは、極めて不安定な電源であり、普及に対応した予備電源の確保は不可欠である。わが国では、電力会社相互の融通電力の確保が十分でない状況にある。RDFの熱利用では、自然由来の有機物を含むので、CO₂排出削減に大きな効果があり、予備電源としてのメリットは大きい。しかも、自然界には再生可能な有機物が豊富に存在する。RDF化技術をこのまま埋もれさせるには誠にもったいない。

〈参考文献〉

- ※鍵谷司；緊急提言；どうする、ごみ固形燃料化技術！、環境施設、No. 142、pp. 2-12 (2015. 12)
※鍵谷等；RDF保管時における発熱特性に関する研究、廃棄物学会論文誌、18-4、pp. 264-273 (2007)

【話題提供②】

MBT（メタン発酵＋固形燃料製造）システムの実用化の可能性

（公財）廃棄物・3R研究財団

上席研究員 渡辺洋一

RDFの普及を妨げている諸課題がある。諸課題に対し、生ごみ等のメタン発酵と可燃ごみの固形燃料製造を組み合わせたごみ処理方式であるMBTシステムが、RDFの熱利用促進の方向性の一つとなると考えられる。

【要旨】

RDF化によるごみ処理は、中小自治体の廃棄物のエネルギー回収及びCO₂削減に寄与できることである。しかし、①RDF保管時に自然発熱すること、②ごみ乾燥時に灯油を消費するのでCO₂を排出すること、③生ごみに含まれる塩素分により熱回収用ボイラの伝熱管が腐食すること、④製造したRDFの利用先が十分に確保されていないことが大きな課題である。

これらの課題を解決する一方法として、生ごみと可燃ごみを分別収集あるいは機械選別し、生ごみをメタン発酵して回収したメタンで発電し、発

酵残さと可燃ごみを固形燃料化あるいは可燃物としてごみ発電等に利用する方法である。とくに、広域化が難しい中小自治体や人口減少する自治体では、ごみ処理のコスト削減に有効であり、また、地元の食品廃棄物の処理にも有効であると考えられる。また、従来からRDFの利用先として、RDF発電所以外にも札幌市資源化センターにおける地域熱供給公社のボラー燃料、製綿会社における乾燥蒸気ボイラー燃料、岡山県水島クリーンセンターにおける下水汚泥焼却炉での助燃材などである。品質、価格、安定供給などの条件が整えれば需要は確保できると考えられる。

各家庭で生ごみを分別排出する方法は、堆肥を進めた多くの自治体で試行されてきたが、分別精度が低いので、さらに選別工程が必要になるなど問題があった。このため、生ごみの機械選別を試行し、分離物の利用性について実機で検証する方

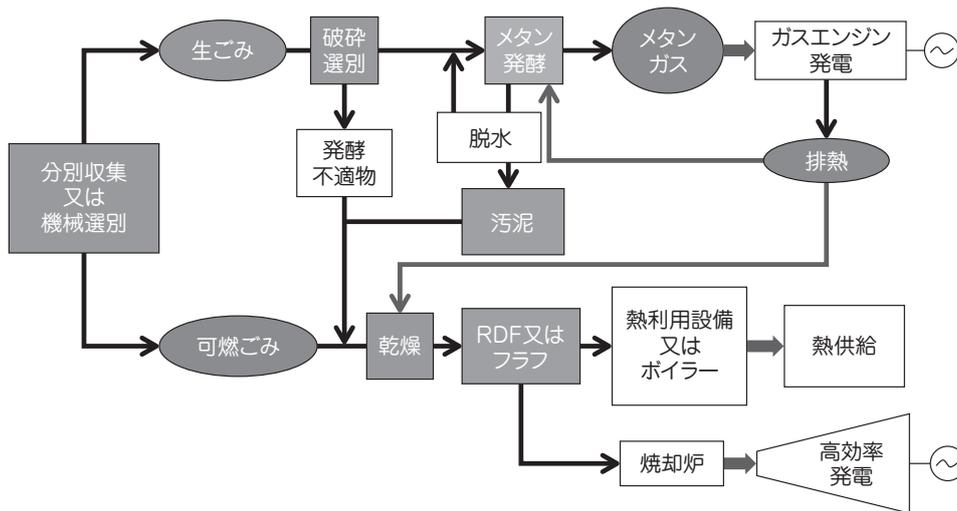


図1 メタン発酵+燃料製造システム

法を試行している。その基本的なフローを図1に示す。つまり、①生ごみと可燃ごみに分別収集し、破碎・選別し、生ごみはメタン発酵によりガスを取り出しガス発電をする。②可燃ごみはメタン発酵残さと共にガス発電時の排熱により乾燥して固形燃料化して熱利用又はフラフのまま焼却・高効率発電する方式である。

MBT（メタン発酵+固形燃料製造）システムの検討にあたり、既存の類似事例について紹介する。平成25年4月から稼働している新潟県長岡市バイオキューブ事業である。人口が7万人弱の長岡市で、住民が生ごみと可燃ごみの分別排出した生ごみ

をメタン発酵（中温）槽で処理し、生成したメタンでガス発電し、FIT制度を利用して購入電力よりも高く売電している。また、残さは、発酵残さと分別可燃ごみは焼却処理している。なお、現状では、発酵残さを脱水後、メタンガスを燃焼で乾燥して固形燃料化してセメント会社に売却している。

新たなMBTシステムは、生ごみの機械選別であり、発酵残さと選別可燃ごみのRDF化である。この方式が確立できると、食品廃棄物や下水汚泥などの有機性汚泥の燃料化を普及できる大きなツールの一つを提供できることになり、地球温暖化対策に大いに寄与できる。

〈参考文献〉

※長岡市ホームページ「長岡市バイオガス事業」

※渡辺洋一；特別寄稿；エネルギー源としての固形燃料（RDF）の方向性（その3）、環境施設、No. 144、pp. 34-37（2016. 6）

【話題提供③】

RPF（廃プラ固形燃料）の現状と今後の動向について

環境計画センター会員（技術士；化学部門）

高橋明男

平成22年1月に廃棄物由来の紙・プラスチックを原料とした固形燃料（RPF）がJIS化された。

品質を高位発熱量及び塩素含有量等から4区分し、製品の品質が統一されたことから利用性が改善さ

れ、著しく普及した。が、原料あるいは塩素分の少ない良質なRPFの確保が難しくなりつつあるなどの課題もある。現状と今後の動向について紹介する。

【要旨】

RDF (Refuse Derived Fuel) は、家庭ごみ（生ごみ、廃プラ、紙ごみ等）を原料して破碎、乾燥して圧縮成型した固体燃料である。ごみの持つエネルギーの有効利用やごみ焼却時に発生するダイオキシン対策の一環として、排出規制が厳しくなった平成10年頃から全国で普及し、50箇所以上の施設が自治体のごみ処理施設として整備された。しかしながら、一部メーカーによる未熟な技術の採用によるトラブル、乾燥や脱臭が必要、製造したRDFは逆有償で取引き、さらに、RDF普及の先導役となった三重県RDF発電所貯蔵サイロの火災・爆発事故によりその普及はほぼ停止した。

一方、品質の良好が産業廃棄物である紙ごみや廃プラを原料とした固形燃料RPF (Refuse Paper & Plastic Fuel) は、平成22年1月に発熱量や塩素含有量などから品質を4種類に区分し、JIS化されたことから需要が著しく増大した。原料の含水率が低いことから乾燥が不要であること、塩素を含む廃プラの除外が容易、石炭と同程度の高い発熱量および安価であることから急速に普及した。

紙ごみや廃プラはもともと発熱量が高いので燃料として利用されてきたが、平成12年の循環型社会形成推進基本法や資源有効利用促進法などの法制度の整備とともに利用が拡大し、その需要は平成18年には100万トンを超え、平成24年度には約160万トンに至っている。むしろ、紙ごみは確保できるが、成形性と発熱量の確保するための良質な廃プラが不足していると言われている。平成24年4月に設立された一般社団法人日本RPF工業会

の会員等は平成25年11月で79社に達している。

合成樹脂の生産量は、毎年1千万トン以上であり、廃棄されるプラスチック類も産業廃棄物では約500万トン、家庭ごみに混入する廃プラが約500万トン程度であり、これに紙ごみが含まれるので原料は十分に存在する。しかしながら、平成12年6月に施行された循環型社会形成推進基本法の基本理念は、廃棄物を「循環資源」と定義し、取り組みの優先順位を①排出抑制、②再利用、③再生利用、④熱回収、⑤適正処理と定めている。つまり、紙ごみや廃プラは、第一に発生量の抑制に取り組み（ゼロエミッション）、次いで物質リサイクル（②、③）を優先して取り組み、物質としてのリサイクルが困難なもののみを熱回収するように規定している。このため、良質な廃プラ類は物質利用が優先され、RPFの原料となる廃プラ類の確保が不足し、とくに、汚染されていない、あるいは塩素分の少ない良質な性状の廃プラ類が不足する事態に陥っている。

【追記；下記のことにご留意すべきである；筆者】

- ①発酵しないはずのRPFは、ごみの付着や混入がなくとも、大量に保管すると空気中の酸素と反応して発熱し、自然発火が起こる事が問題になっている。
- ②廃プラスチックの取扱時には微量で有害な化学物質が発生し、健康被害を招く事例がある。
- ③RDFは、自治体のごみ処理の一環としてごみの有効活用を目指している。良質なRDFを製造するのであれば、家庭ごみから生ごみを除外すれば大きく改善できるが、除外した生ごみの処理が必要になる。
- ④RDF保管時の自然発熱の原因は、発酵ではなく、空気中の酸素と有機物の酸化反応による発熱であることが検証されている。

〈参考文献〉

※鍵谷司；シリーズRDF専門家の眼②、Q & A 疑問に回答、解説、～紙ごみ&廃プラスチック由来固形燃料 (RPF) のJISについて～、環境施設、No. 121、pp. 68-76 (2010. 9)

※大牟田RDF貯蔵槽安全対策の有効性実機検証試験評価報告書、平成20年6月、大牟田RDF貯蔵槽安全対策の有効性実機検証試験評価委員会（委員長 松本東大大学院教授）

【話題提供④】

高温過熱水蒸気による炭化・ガス化と環境排ガス浄化について

大阪産業大学発ベンチャー企業・(株)オーエスユー

代表取締役 山田 修

高温過熱水蒸気はガス的一种であり飽和水蒸気を加熱することによって生成される。しかし気体加熱は困難であり、効率的な熱交換器が求められていた。今回、特殊なセラミック多孔質体を充填した熱交換器を用いることで、コンパクトでありながら1,200℃におよぶ高温過熱水蒸気発生が可能

となった。800℃以下では還元雰囲気であることを利用してバイオマスや廃棄物の急速炭化ができる。一方、1,000℃以上では強力な酸化剤となることから廃棄物の完全ガス化や、PM2.5を含む排ガス浄化に使用できる技術を紹介した。

【一般講演】エコ次亜生成技術、活断層と地盤対策、被ばくの森

廃棄物の燃料化以外にも専門的な立場から次の3件の話題提供をしていただいた。

【話題提供⑤】

脱塩濃縮水の隔膜電解法によるエコ次亜生成技術に関する研究

クボタ環境サービス(株)大阪支社 水処理事業部

水処理営業部 滝本太郎、堀井安雄

廃棄物の埋立処分場における浸出水の処理過程で、脱塩処理設備から排出される濃縮水の処理・処分方法が問題になっている。そこで、濃縮水のリサイクル方法の一つとして、滅菌剤(エコ次亜)としての利用を提案し、実用化の目途がついたので成果を報告していただいた。

【要旨】

浸出水の塩素イオン濃度が高いので脱塩処理したあとに放流される。しかし、脱塩により高濃度の塩素分を含む濃縮水が生成するので、これをドラムドライヤーで乾燥塩にして産廃処分されている。1m³の脱塩濃縮水を蒸発させて乾燥塩にするために100リットルの重油が必要で、これを産廃として処分するためには、3～6万円/t(運搬費込み)の経費がかかるため、浸出水処理施設の運営に大きな負担となっている。脱塩濃縮水は、不

純物を含むのでソーダ工業の製品には不適であるので、下水処理施設で使用できる滅菌剤である次亜塩素酸ソーダとしてリサイクルを目指した研究が始まった。濃縮水から製造した次亜塩素酸ソーダをエコ次亜と称し、市販の製品より安い単価で供給する計画である。

滅菌剤の製造方法には、無隔膜法と隔膜法の2通りがある。いずれも電気分解法であるが、前者は、イオン交換膜がないので、生成した塩濃度が低く(0.5%程度)、実用性に問題がある。後者は、イオン交換膜があるので、濃度は高い(4%程度)が、膜が閉塞しやすく、連続運転が難しい問題がある。連続運転するためには、閉塞の原因となるカルシウム除去が必須であり、前処理としてソーダ石灰法とキレート吸着法による除去を検討した。その結果、隔膜電解法を1ヶ月以上の連続運

転ができることが示され、生成したエコ次亜の濃度は4～6%で、無隔膜法の10倍以上の有効塩素

濃度が得られ、実用化の目途がついた。

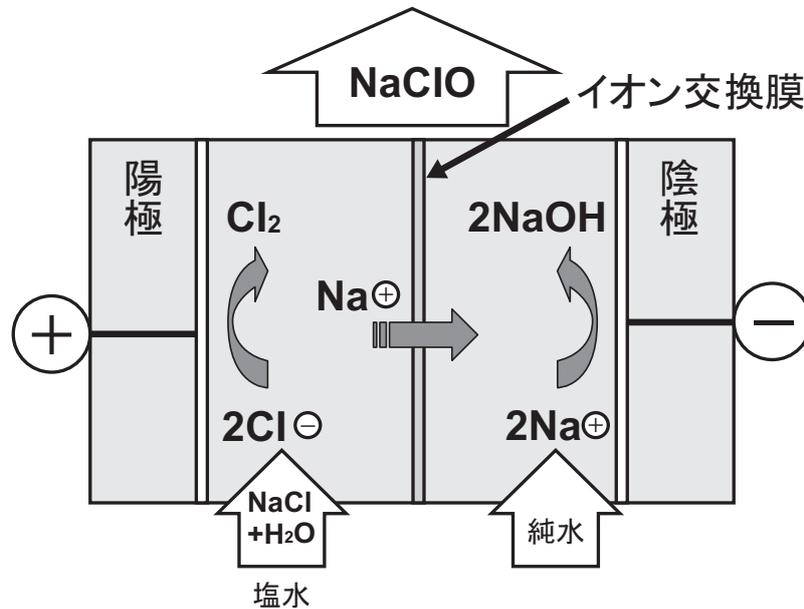


図1 隔膜電解法概念図

〈参考文献〉

※滝本太郎、堀井安雄、樋口壮太郎；隔膜電解法によるエコ次亜塩素酸ソーダ生成に関する研究、第37回全国都市清掃研究・事例発表会講演論文集、pp. 291-293 (2016. 1)

【話題提供⑥】

活断層地盤の利活用

～地盤情報を活用して地盤災害を防ぎ、土地の有効利用を図る～

環境計画センター副会長 中川要之助

(一般財団法人 災害科学研究所研究員)

先月、熊本県で突然大地震が頻発し、活断層に社会の関心が高まっている。活断層に沿って大規模な地震が頻発しているためである。日本には多くの活断層が分布しているので、どこでも地震は起こりうる。どこにでもある活断層の周辺における地盤防災について実務者の立場から紹介した。また、緊急に熊本大地震の現状を視察してきたので、現地踏査の写真を交えて紹介していただいた。キーワード：活断層、土地利用、地盤防災、活断層特区

1. はじめに

活断層に広く関心が寄せられているが、学問分野の違いで、必ずしもその認識は同じでない。地質学では第四紀（約260万年前）に地質の証拠で活動が認められる断層を活断層と呼んでいる。また、地形学では地形の特徴を地形の模式的形成過程に当てはめて、活断層を推定している。この違いは主に実証的研究方法の地質学と理論的研究方法の地形学の違いによるものである。また地震学は、地震を生じたり、生じる恐れがある地下深部の岩盤内に活断層を推定している。このような学

間分野の活断層の定義の違いに関わらず、地盤防災対策は全ての地盤の弱線（破碎帯）に対応する必要がある。

2. 自然災害と日本人

①日本は世界的にも自然災害（地震、風水害、土砂災害等）の多い土地である。

- 日本は地球の2大断層（大西洋中央海嶺、環太平洋造山帯）の交差部にある。
- 日本は大気や海洋による赤道から極地への熱輸送が活発な中緯度にある。

②日本人は2,000年以上も途絶えることなくこの土地に住み続けている。

- 日本は西欧から見て地の果て（極東）にあり、日本人には他に移り住む土地が無い。
- 日本人は地すべり地の棚田、断層沿いの溜め池、氾濫原の水田など災害の恐れがある土地さえも活用してきた。

3. 国土の超高度利用

日本の国土の生産性は米国の約6倍、中国の約10倍に達する（表1）。

表1 国土の生産性（2016年GDP¹⁾）比較

	GDP (×10 ⁸ \$)	面積 (×10 ⁴ km ²)	単位面積当たり GDP
日本	4,123.3	37.8	109.1 × 10 ⁴ \$/km ²
米国	17,947.0	982.7	18.3
中国	10,982.3	959.7	11.4

4. 近畿圏の傾斜地土地開発の必然性

- 関東の雑木林、関西の里山：古代より関西の平坦地は利用しつくされていた。
- 1970年代すでに近畿圏には災害の恐れが無い、自然環境が破壊されず、文化財が保全される、大規模土地開発に適した土地はほとんど残っていなかった。
- 標高100m以下の平地当たりに仮定した人口密度は首都圏よりも近畿圏のほうが過密である。

表2 都市圏*（50km圏）の平地（100m以下）の想定人口密度

首都圏	5,505人/km ² (3,232万人/5,871km ²)
近畿圏	6,792人/km ² (1,647万人/2,425km ²)

※都市圏人口は²⁾による

※活断層が通る山麓の傾斜地も近畿圏では市街地である。

5. 活断層なんぼのもんや！

「なんぼのもんや」は少し乱暴な大阪弁である。対応する術の無い『先生』のご高説を辛抱して聞いていた大阪の庶民は最後に、「ところで先生、それは一体なんぼのもんや？」と質問するであろう。数100年の昔から大坂は庶民の町、生活習慣や価値観が違う諸国から集まった人々にとって、価値を計る共通の尺度にお金が最もふさわしかったであろう。何事によらず「なんぼのもんや」と値踏みすれば話が通じたに違いない。

兵庫県南部地震を契機に活断層に世間の関心が寄せられるようになった。また先日の熊本地震で活断層の恐ろしさが更に高まっている。とりわけ近畿では傾斜地の土地開発で活断層が問題になることが多い。開発事業者も安全第一が当然のことである。地盤調査の結果、危険性を理解すれば、防災工事と開発利益を比較して計画を変更したり、事業を断念することさえある。また開発地の地元住民が活断層付近の土地開発に不安を抱くのも当然である。事業者が隠すことなく活断層への対応を説明すれば、おおかたの地元住民の了解は得られる。なぜなら、開発がなくとも地元住民は活断層付近で暮らさねばならないからである。住民の多くは日本に住むからには「活断層なんぼのもんや」と達観しているように私には思える。

6. 活断層地盤対応事例

土地開発、土木・建築施工、地盤防災などで関わった活断層地盤の対応事例を紹介する。

6.1 活断層図の信頼性と適用性

【事例1】大和川断層の位置が学問分野や研究者により数100m違う。

【事例2】甲陽断層の位置が地質図と都市圏活断層

図で異なる。

【事例3】京都盆地南東縁の桃山断層は都市圏活断層図にあるが、地質図にない。

【事例4】活断層（有馬－高槻構造線）が土地取引の便法に用いられたことがある。

以上の事例はいずれも活断層図の信憑性を必ずしも疑わせるものではない。活断層図の最大の目的は活断層の危険性に注意を喚起することにある。活断層図をそのまま用いるので無く、活断層が付近に存在する恐れが高いことを認識して、以下の事例のように詳細な地質調査を行い、対応策を構じて土地活用すべきである。

6.2 活断層と土地開発計画

計画の初期段階から活断層に注意した事例。

【事例5】けいはんな学研都市

活断層を考慮した土地開発基本計画を策定したが、活断層を無視して広大な平坦地が造成された。

自然的土地条件（地形、地質、植生、文化財）調査→土地利用基本構想策定→オイルショック中絶→けいはんな学研都市構想（奥田委員会）→地盤条件詳細調査（活断層、地滑り等）→土地バブル→地盤条件無視→全面造成

【事例6】大津市仰木ニュータウン（図1、図2）

堅田断層付近に公園やグラウンドを配置し、地滑りの恐れがある斜面を開発地から除外。

開発基本構想→地質調査（活断層、地滑り、被

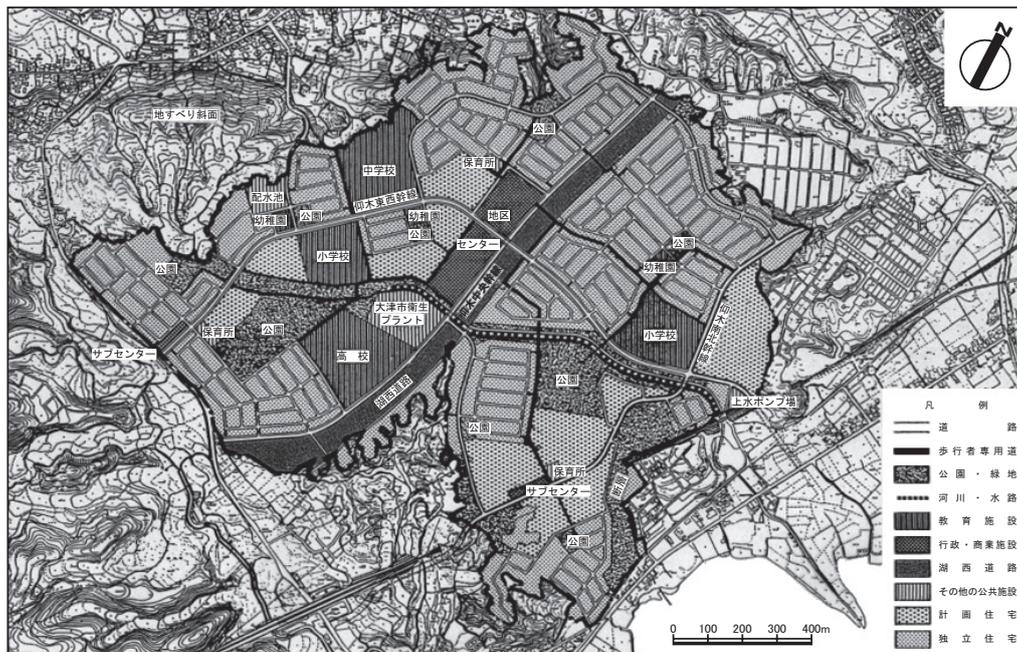


図1 大津市仰木ニュータウン計画

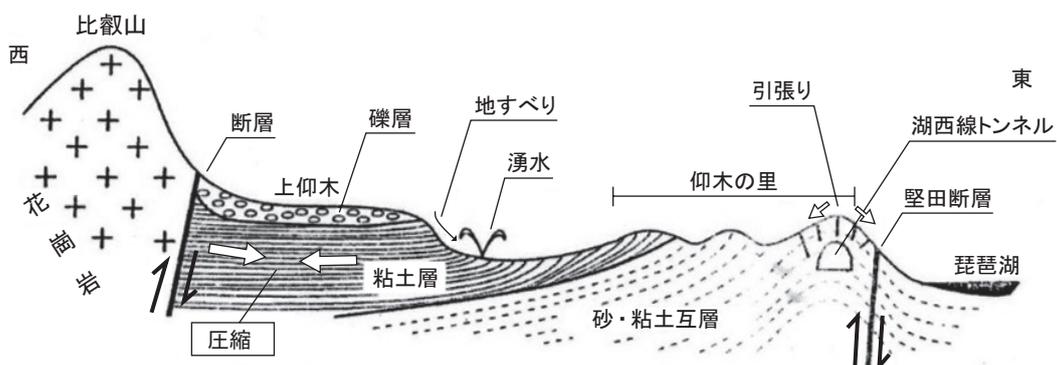


図2 大津市仰木ニュータウンの地質構造模式

圧地下水等)→開発地区設定→土地利用計画

【事例7】堺市南区泉北ニュータウンL住区(図3)

活断層や地滑りを考慮して土地利用計画を再策定した。また地滑り安定性を確認(長期計測)して宅地分譲した。

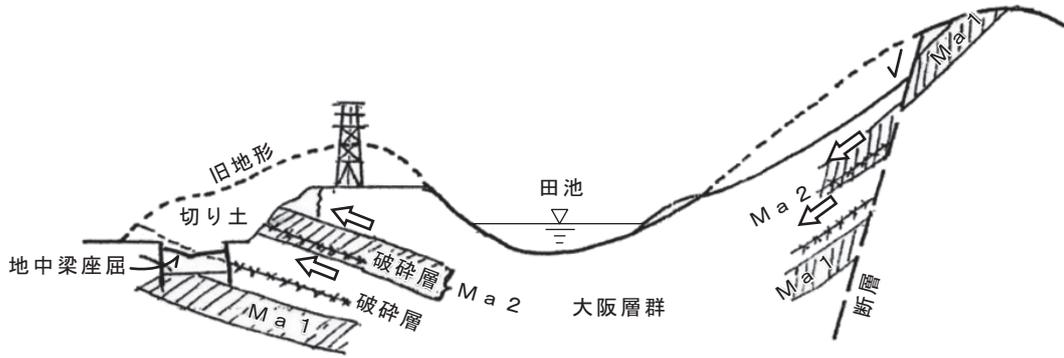
土地造成→地滑り多発→地質調査(活断層、地

滑り等)→土地造成計画→造成地盤想定地盤

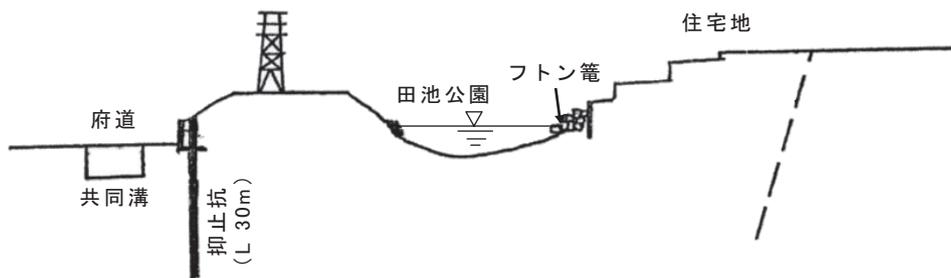
条件図→土地利用計画(戸建て、集合住宅、公共施設、公園・緑地、保留地)→住宅等建設 ⇒ 地滑り観測→住宅建設

【事例8】神戸市北区公団花山団地(図4)

団地の進入路は断層沿いの構造的斜面に建設せ



a 地滑り機構



b 地滑り抑止と宅地造成

図3 地滑り抑止と住宅建設(泉北ニュータウン御池台)

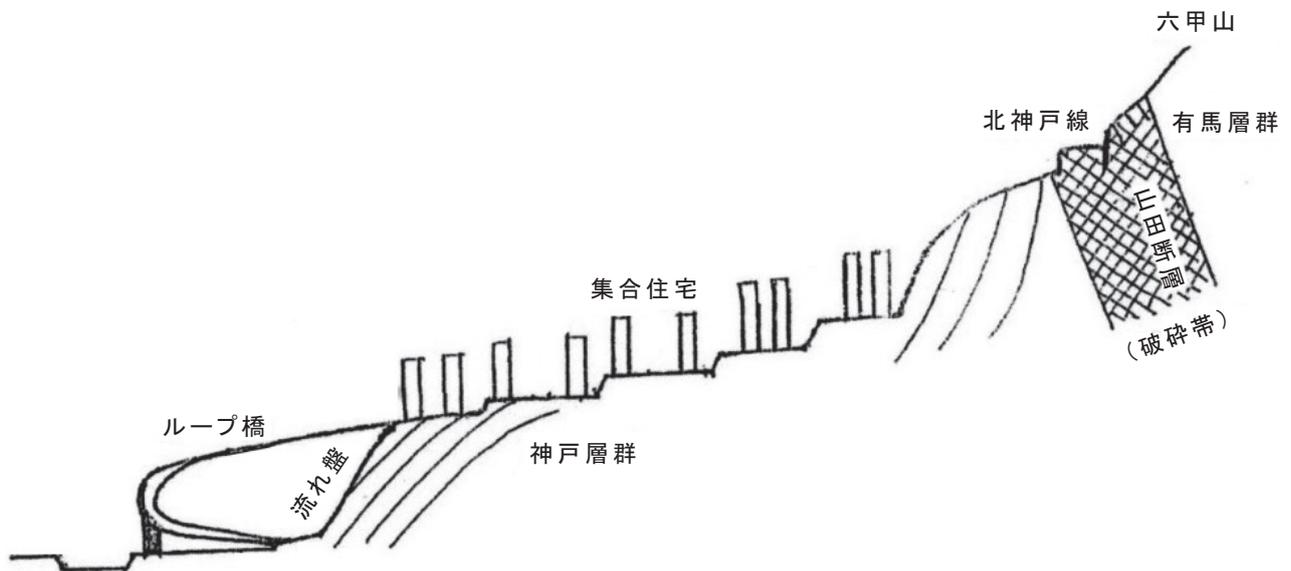


図4 断層を離れて住宅建設

ず、ループ橋を設けた。また背後（六甲山北麓）の断層沿い成斜面も開発地から除外した。

開発基本構想→地質調査（構造成斜面、地滑り）
→開発区域設定→斜面保全、集合住宅建設

6. 3 活断層を考慮して開発計画を変更

【事例9】柏原市旭ヶ丘住宅開発（図5、図6）

活断層が交差する複雑な地質構造のため、土地造成面積を当初計画の約半分に縮小。



図5 玉手山丘陵の地質図

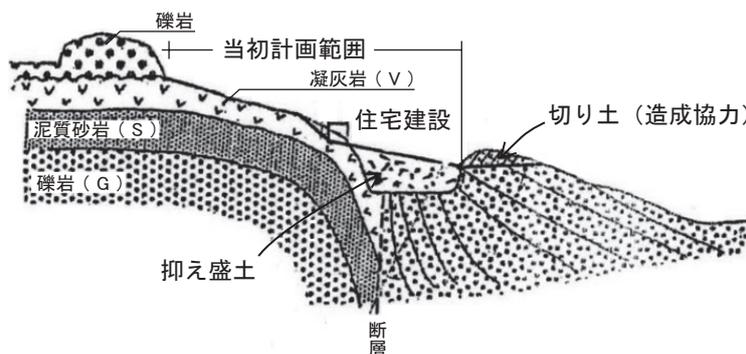


図6 地滑り抑止兼、宅地造成

住宅開発計画→隣接地地滑り（地滑り指定区域）
 →地滑り危険箇所→地質調査（活断層、地滑り、古墳、水道タンク）→土地造成・マンション建設計画→住民説明会・開発許可→開発断念（土地バブル崩壊）→戸建て住宅開発→開発面積縮小→土地造成・住宅建設

【事例10】宝塚市清荒神宅地開発（図7）

有馬-高槻構造線と六甲断層系が交差する山で当初計画の大規模土地造成を避けて、原況地形に沿って宅地を造成した。

6. 4 活断層と住宅開発

【事例11】八尾市恩智住宅開発

断層沿いに街路を配置し、断層を避けて住宅を建設した。

土取跡地（市街化区域、国立公園、土地造成不可）→地質調査（電気探査、トレンチ調査）→マンション計画→土地バブル崩壊→戸建て住宅開発→宅地配置計画修正→住宅建設

【事例12】箕面市石丸マンション開発（図8）

断層を避けてマンション棟を分離・配置した。その結果マンションの価値が当初計画よりも上がった。

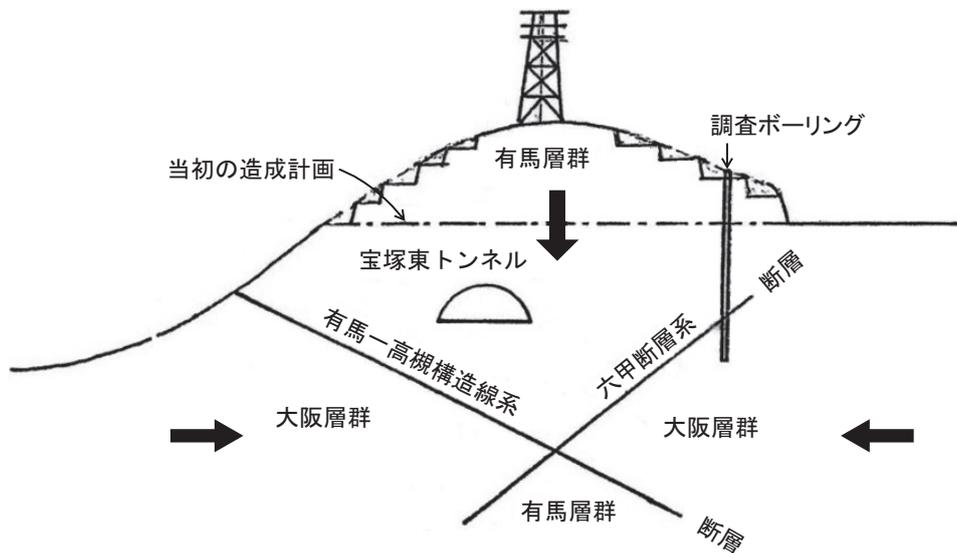


図7 活断層交差箇所の土地造成

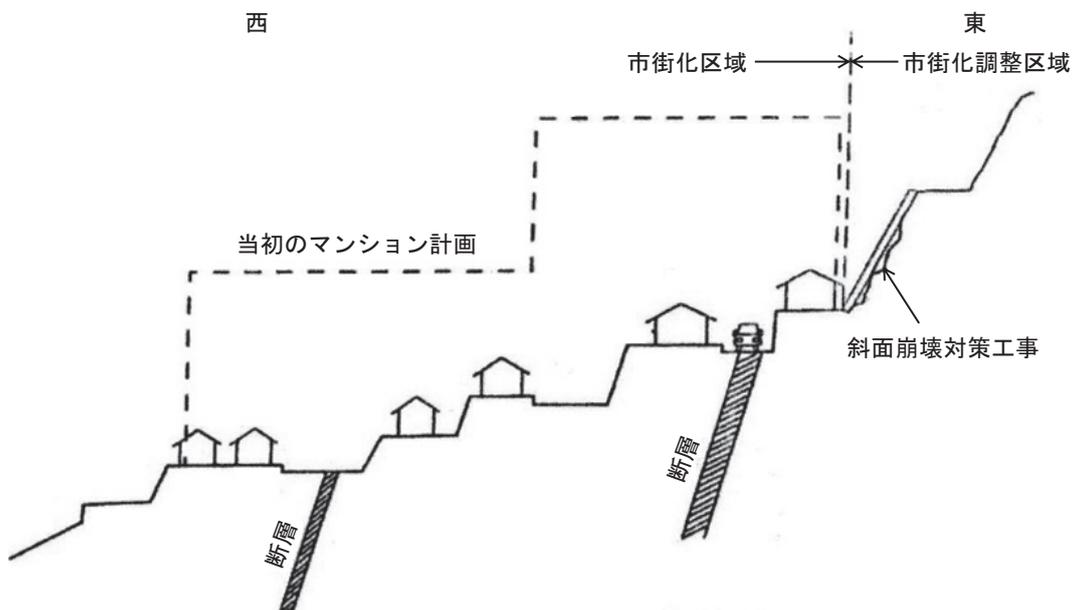


図8 住宅と断層が共存

【事例13】箕面市如意谷マンション開発

断層破碎帯をまたいで高層（16F）マンションが建設された。

マンション開発計画→断層調査中止→地元住民周辺地自主調査（高密度電気探査、放射能探査、地表踏査）→住民建設差し止め（活断層、景観）訴訟・敗訴→マンション建設

【事例14】宝塚市宝塚（造形芸術）大学（図9）

断層を避けて校舎を配置した。また、隣接する地元からの要請で防災のために、断層沿いの斜面を購入した。

6.5 活断層と建築施工

【事例15】京都市西京区ライフィン京都（図10）

檜原断層に沿う地滑り斜面にセットバック住宅と抑止効果も期待して大口径基礎杭建設。

高齢者福祉マンション建設→地質調査（活断層、地滑り）→地滑り層除去不可（市街化調整区域、景

観保全）→現況地滑り竹林斜面保全（杭、アンカー、法枠）→セットバック住宅建設+地滑り抑止期待大口径杭

【事例16】川西市駅前商業・住宅複合ビル建設（図11）

中位段丘層～沖積層が断層で移動していないことを確認して、杭基礎から直接（ベタ）基礎に変更した。

打設基礎杭不揃い→再地質調査→断層推定→高密度電気探査、定方位ボーリング（地層急傾斜）、トレンチ観察（段丘層変位無し）→基礎構造変更（杭基礎→直接基礎）→基礎掘削（断層観察）→現位置地盤強度試験→ビル建設→兵庫県南部地震→○異常なし。

【事例17】豊中市福祉施設建設（図12）

仏念寺山断層付近の地層急傾斜地盤のため、杭基礎から直接（ベタ）基礎に変更。

地層急傾斜→トレンチ観察（地層上下判定）→閉塞向斜褶曲（仏念寺山断層隣接）→連続基礎

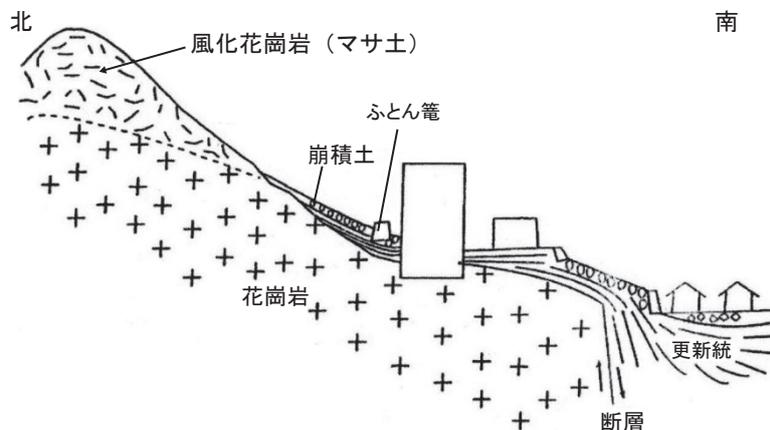


図9 断層を避けて校舎を配置

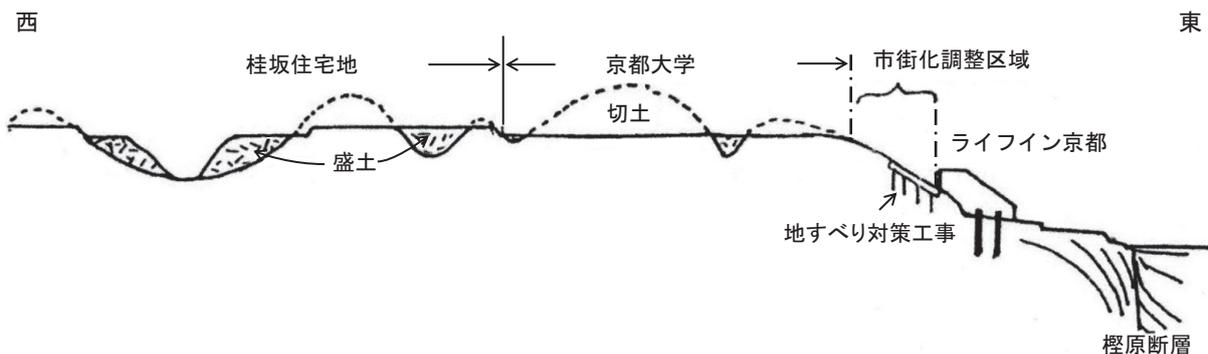


図10 ライフィン京都と桂坂の土地造成

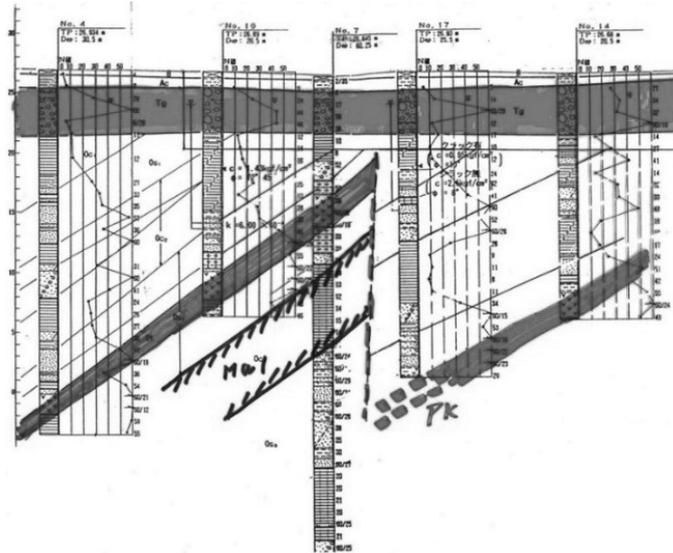


図11 地質断面図

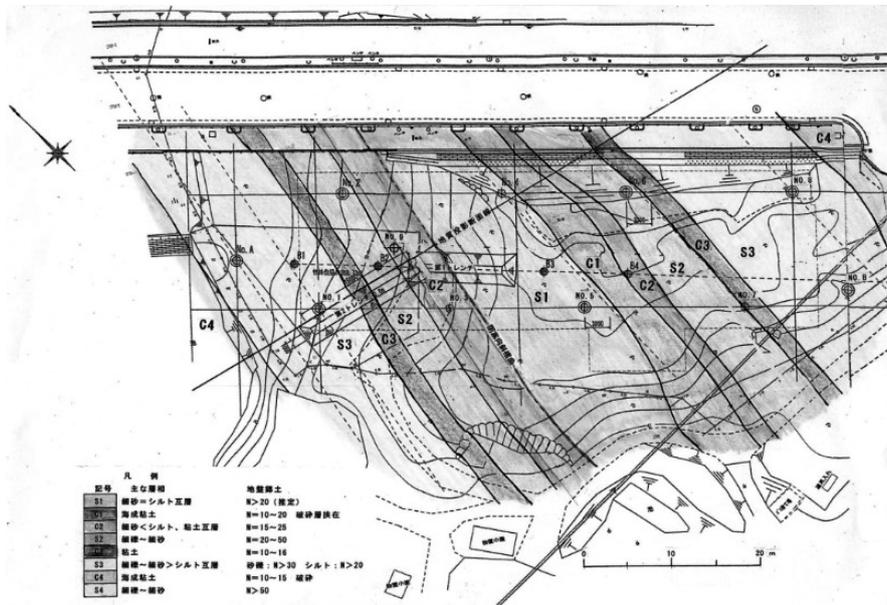


図12 建物基礎地盤の地質平面

6. 6 活断層地盤の利活用

【事例18】堺市南区泉北ニュータウン横塚台公園

地滑り斜面や地下水浸出箇所が直線状に並ぶ断層付近の運動公園造成中に斜面が崩壊した。水抜きボーリングを行い、その湧水を利用して、滝や親水性の花壇を設けた。

【事例19】奈良県高取町壺阪寺水源開発

壺阪寺の福祉施設の水源地を豊中-柏原断層に掘削した。

【事例20】巨大環濠古墳と活断層 (図13、表2)

今城塚古墳 (推定継体陵)、大仙陵 (推定仁徳

陵) など、近畿の巨大環濠古墳はいずれも活断層付近にある。古代国家の黎明期 (3~6世紀) は未だ広い沖積平野は現れず、人の生活舞台は台地や丘陵に限られていた。国家の基盤は食料 (米) の安定供給にあるが水の乏しい台地で稲作は容易でない。おそらく古代の王は活断の湧水を求めて壕を掘削し、その土で陵墓を築いたのであろう。その後、築堤技術が向上して、昆陽池、狭山池などの巨大な溜め池が作られる頃には巨大環濠古墳は作られなくなった。

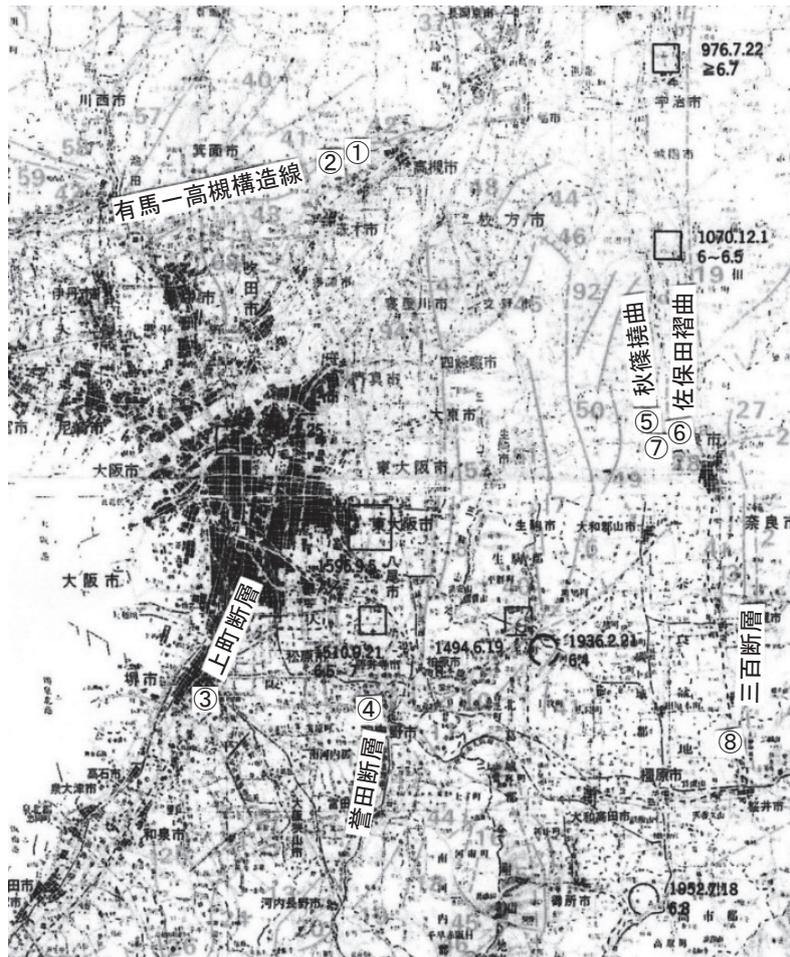


図13 近畿の巨大環濠古墳の所在

表2 近畿の巨大環濠古墳と活断層

古墳名	築造時期	墳丘長	活断層
①今城塚古墳	6世紀前半	190m	有馬一高槻構造線
②太田茶臼山古墳	5世紀	226m	有馬一高槻構造線
③大仙古墳	5世紀前半～中頃	486m	上田断層帯
④誉田御廟山古墳	5世紀前半	425m	誉田断層
⑤五社神古墳（神功皇后陵）	4世紀後半～5世紀初頭	276m	秋篠撓曲
⑥ウワナベ古墳	5世紀中頃	265m	佐保田褶曲
⑦佐紀石塚山古墳	4世紀後半～5世紀前半	218m	秋篠撓曲
⑧箸墓古墳	3世紀中頃	276m	三百断層

7. おわりに

日本の土地の生産性は世界的にも異常に高く、災害の危険性を克服して土地の有効活用を目指すべきと考える。活断層を防災対象の土地条件にとらえるだけでなく、知恵を働かせて、むしろ生活

環境が向上する可能性を秘めた土地条件にとらえることはできないであろうか。湧水に恵まれた活断層は自然界の生物にとって好適な空間であり、地滑りは土地の表層物質の循環を促す作用（地力回復）でもある。活断層付近の土地の高度利用を

制限して、自然環境を保全すれば、その周辺の都市化進んでも都市生活は今以上に潤いあるものになると期待される。例えば「活断層特区を設けて、レクリ（温泉、野外スポーツ）施設や公園整備などで断層付近の土地を利活用すれば、代替地の土地開発で建築容積率にボーナス（100%→400%）を認める。」などはいかがであろうか。

【追記；専任理事 鍵谷 司】

活断層は、地盤の不安定化や地震時の揺れが大きくなるなど災害を引き起こす原因になりうる。

自分の住んでいる地域あるいは住宅や土地を購入する読者には非常に気になることかと思えます。

先生は、多くの現場でその対応を含めて実務経験が豊富であり、まさにエキスパートです。活断層を心配されている読者には無償で相談・指導を行いたいと思いますので、下記に連絡して下さい。

なお、現場確認や調査等を伴う場合は実費が必要になりますことをご理解ください。

連絡先；epc@gold.ocn.ne.jp

〈参考文献・資料〉

- 1) ecodb.net/ranking/imf-ngddpd.htm IMF2016
- 2) 日本国勢図説. 矢野恒太記念会 2013
- 3) 日本の活断層. 活断層研究会（藤田和夫他）, 東京大学出版会, 1980
- 4) 大王の知恵－巨大環濠古墳と活断層－. 中川要之助. 自然と環境, v. 14, 2013, シンクタンク京都自然史研究所

【話題提供⑦】



どうなる、被ばくの森

第1種放射線取扱主任者 技術士（衛生工学、建設、環境）等
環境計画センター 専任理事 鍵谷 司

平成28年3月、NHK「被ばくの森：原発事故5年目の記録」が放映された。被ばくの森や街は植物や野生動物が繁殖している。猪などの野生動物は、天敵の人がいない、空き家を住处とし、豊富な餌により大繁殖している。一方、サルの血球数減少やツバメの尾羽根の異常も確認されている。フィールド調査の問題点について考える。なぜ、野生動物は放射線に強いのであろうか！

【要旨】

平成28年6月に「NHKスペシャル：～被ばくの森、原発事故から5年目の記録～」が放映され、放射能汚染された街中や森の現状が映像で紹介された。住民の姿が消えて5年目を迎えた街中は植物が繁殖し、イノシシなどの野生動物の天国となっていた。放射能で汚染された森では、人に対する被ばく基準の400倍以上も高い毎時100 μ Sv以上と

いうホットスポットが見つまっている。これでは生活圏の除染を進めても、上流の森から流出する放射能により放射線量率の低下は望めないのでは？

このような森中で動物への影響はないのであろうか！

(1) 放射線可視カメラ等による放射能汚染実態調査について；放射能から放出される放射線を検知する放射能可視カメラが実用化されている。森林内のところどころで高濃度の放射能の存在が確認された。また、レントゲン写真と同じ原理で放射線で感光するフィルムには植物や動物に付着・吸収された放射能から放出される放射線による黒い影がくっきりと浮かび上がる。ツバメでは羽根先と内臓に、蛇では全体に放射能の分布することがはっきりとわかる。

(2) アカネズミの染色体異常に関する調査が行な

われている。動物に対する放射線の影響は、基本的には遺伝子であるDNAが傷つくあるいは切断するために起こるとされているが、明確な異常は確認されていない。原発事故から5年を経過すると30代程度の世代交代しており、環境の変化に対する順応しているネズミが繁殖している可能性が高い。また、チェリノブイリ事故後の調査では、DNAの修復能力が高いネズミが繁殖しているとの報告がある。

(3) 人の消えた街中の動物調査について；原発事故で住民が避難した地域でイノシシが激増している。イノシシの繁殖の原因は次に要因が想定されるのであり、単純にイノシシが放射線に強いということではなからう。

- ①天敵がいらない、餌が十分にある、安全な住処があるので、異常に増加している。
- ②イノシシの寿命から考えて放射線の影響が発現する前に寿命で死亡する。
- ③イノシシは繁殖力が大きいので、少々、寿命が短くなっても繁殖できる。
- ④DNA損傷の修復機能が高まっているのではないか？

(4) 鳥類(ツバメ)の調査について；福島浪江町において尾羽根の長さが左右で違うツバメが見つかった。放映では原因は不明としていたが、渡来した親ツバメが被ばくによる影響よりも福島生まれの個体が被ばくで異常が発生した可能性が高い。放射線の細胞への影響は、卵や孵化後の幼鳥に最も大きいと考えられるので、活動空間(地表、木の上など)、餌の種類(地中や地表の小動物、植物や木の樹皮・葉、実など)、産卵の場所や材料(土、枝・葉)などが繁殖に対して大きい影響があるのではないか！

(5) 霊長類「ニホンザル」の調査について；駆除されたニホンザルの臓器を調査した結果、骨髓液

を作る血球細胞が少なすぎる。筋肉中の放射性Cs濃度が高いほど白血球を作る細胞が少なく、脂肪だらけとなっているサルがいた。骨髓性低血球から白血病になることがある。フィールド調査なので、放射能による外部被ばくあるいは食餌による体内被ばくなど不明であるが、放射能を取り込んだ場合の人間への影響を示唆するものである。

以上の報道内容であったが、いずれの研究においても放射能の影響であるとの結論は先送りされた。が、放射能による影響は種の存続を妨げるほど個体数を抑制するものではないことを示す。むしろ、人間がいなくなったことから動植物が大繁殖している。つまり人間の存在が、放射能よりも動物たちには影響が大きいことを実証している。なお、動物の数が増えたことと健康であることとは違うことに留意すべきである。

さて、報道内容を別の視点から考えると次の課題が見えてきた。

- ①放射線の測定について；森の小動物は、地中や地表面で活動するので、地表面における測定及びβ線も測定すべきである。
- ②被ばくの影響について；放射線の影響は、産卵や幼虫、幼鳥などの細胞分裂の活発な時期に最も影響を受けやすいので、産卵場所、ねぐら、巣の材料の放射能濃度に注目すべきである。
- ③フィールドにおける被ばく量の測定について；空間放射線量率の測定だけでは外部被ばく量を推算することは難しい。被ばく総量を把握できる簡易手法を開発する必要がある。
- ④DNA損傷修復能力について；放射線に強い動物はDNAの損傷を修復する能力が大きい。これらは植物に含まれる抗酸化物質から摂取するとあった。世代交代により放射線に強い個体が繁殖するのではないか？ 世代交代した固体の抗酸化物質量が重要ではないか。

〈参考文献〉

- ※鍵谷司；「どうなる、被ばくの森 - 福島復興支援ツアー視察記(Ⅲ)」、環境施設、No. 143、pp. 2-13 (2016. 3)
※鍵谷司；特別寄稿「NHKスペシャル「被曝の森」を斬る！ - 福島復興支援ツアー視察記(Ⅳ)」、環境施設、No. 144、pp. 2-10 (2016. 6)