

付加体について

愛知県東北部から岐阜県、三重県などにかけて分布する中・古生層は花崗岩などとともにこの地域の基盤岩といえるものです。そのでき方から付加体堆積物と呼ばれます。今回は付加体に関する話です。付加体に関しては Web サイトなどでもよく解説されていますが、聞きなれない用語が多いと思います。Web サイトなどの解説や、専門の論文を読む手助けになれば幸いです。

まず付加体 (accretionary complex) という言葉はプレートテクトニクスという考えに関連します。プレートテクトニクスは中央海嶺で生成された海洋プレートが移動し、海溝で沈み込んでいくという考えです。この沈み込むときにおこる現象が付加作用です。プレートはリソスフェアとも呼ばれ、表層の地殻とその下にあるマントルの上部を合わせたものです。海洋プレートは主に中央海嶺でのマグマの噴出 (火成作用) によって形成された岩石からできています。海洋地殻の上部は、海底噴火した枕状構造をもつ玄武岩やその碎屑物 (水中火砕堆積物) からできています。これらは変質して緑泥石などの鉱物ができるため濃緑色をすることが多く、緑色岩とも言われます。海洋プレートとして中央海嶺から海底を移動していくにつれて、その上に深海底堆積物がゆっくりと堆積していきます。深海底堆積物は、大陸から遠く離れた海域に住む生物 (放散虫や珪藻など) の遺骸起源のチャートと一部石灰岩が主なものです。生物遺骸起源の深海底堆積物をウーズ (ooze) と呼び、そのうち石灰質のものを石灰質軟泥、珪質のものを珪質軟泥といいます。石灰質軟泥はある深度 (炭酸塩補償深度) になるとほとんど海水中に溶けてしまいます。そのため、付加体で見られる生物起源の深海底堆積物は、珪質軟泥が固結したチャートが圧倒的に多くなります。量は少ないですが、海洋にも陸地からもたらされた粘土などの微粒子からなる深海粘土や赤色粘土が定常的に供給されます。そのため、チャートには薄い粘土層が挟まれ互層になります。海洋プレートが沈み込み帯 (海溝) に近づいてくると、陸地からもたらされた粘土などの物質がさらに加わり深海底の堆積物と陸地からもたらされた堆積物の混ざった珪質泥岩 (半遠洋性堆積物) ができます。さらに海洋プレートが陸に近づいてくると、陸地からもたらされた砂や泥などの量が増え、やがて砂泥などの堆積物が厚く堆積します。陸地からもたらされた砂泥などは、大陸棚に堆積したものが、混濁流 (海底地すべり) によって海溝付近まで運ばれて再堆積したものです。混濁流による堆積物は、タービダイト (turbidite) と呼ばれます。以上のような海洋プレート上の堆積順を海洋プレート層序といいます (図 1)。

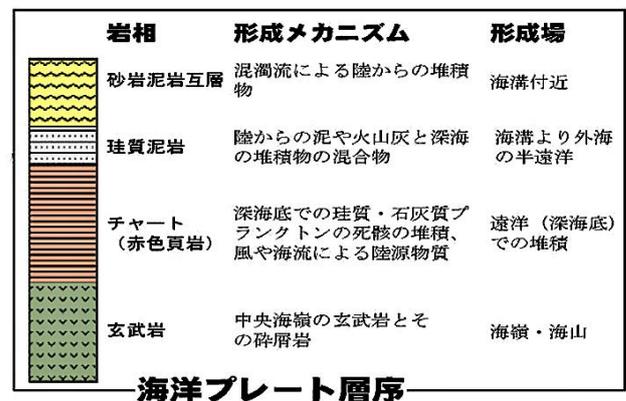


図 1 海洋プレート層序 小出 (2012) に加色

ご存じのようにかつての地質学は、地向斜という堆積につれてどんどん沈み込んでいくいわば垂直運動を基本とした考えでした。その後、現在のプレートテクトニクスといういわば水平方向の運動が

提唱されました。私の学生時代はまだ、地向斜で説明する地質学が主流でした。現在、地向斜の考えを支持した研究者たちを批判的に受け取る人たちがいますが、学問の発展の一過程であって、それを学ぶ中でプレートの考えが発展してきたことを忘れてはいけません。

さて、日本付近には海溝があり、プレートによって運ばれてきた堆積物などがどこに行くのかが大きな疑問でした。その中で一部は地球内部に運ばれずに陸地側にくっついていくという付加という考えが生まれました。日本で付加という用語を使った最初は勘米良（1976）だといわれます。「科学」という雑誌の中で「大洋プレートが島弧・大陸の下に押し込む場合、考えられることの一つとして海溝堆積物が島弧・大陸の外縁下に付加される可能性」をあげて、その「付加される堆積体」を付加体と呼んだのが最初です（図2）。日本の地質体（岩体）の多くは付加体で形成されており、「付加コンプレックス」と呼んでいます。

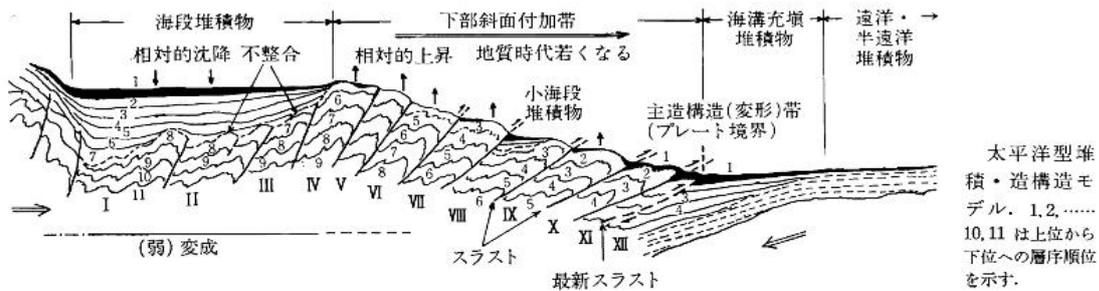


図2 地向斜モデル 勘米良（1976）

一方で、大陸地殻は、花崗岩（厳密にはトーナル岩）、堆積岩やそれらの変成岩を多く含むため、海洋地殻に比べ密度は小さい（軽い）です。大陸地殻を乗せた大陸プレートは厚いですが、密度が小さいため、分裂や合体、破碎をしますがマントルに沈み込むことはありません。これが古い岩石（約2億年以前）が大陸にだけ存在する理由です。ただし、後に述べる構造侵食によって海溝付近の既存の大陸地殻もマントル内に沈み込むようです。

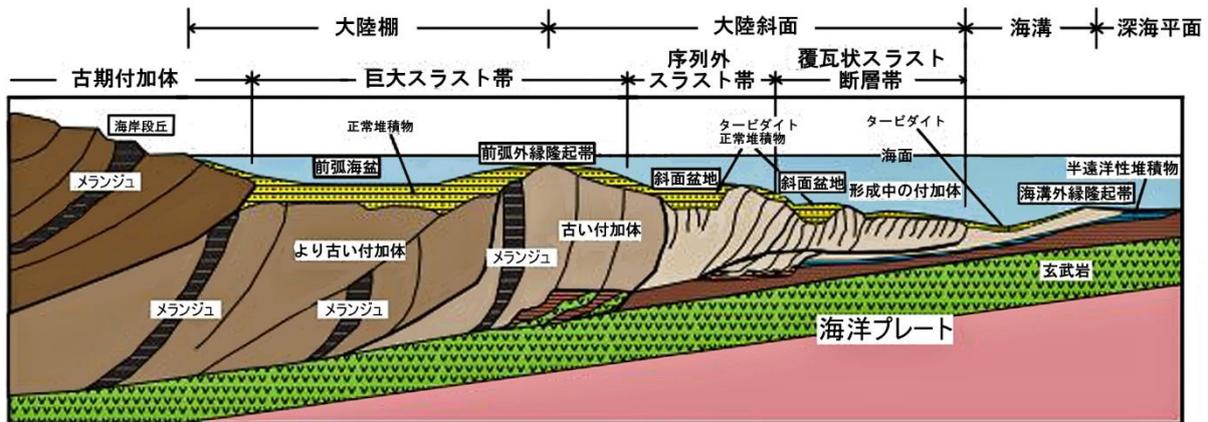


図3 付加体の断面 小出（2012）と小出（2019）から作成

付加体に関する用語は多くあり、さらに研究者によって使われる用語の違いがあります。図3は付加体ができる島弧付近の模式的な断面図です。一番左側の「古期付加体」が日本列島を示します。「正常堆積物」は陸地の侵食によって海に運ばれ堆積した砂や泥などです。「メランジュ」は様々な種類の

岩石が複雑に入り交じった地質体（岩体）です。「前弧海盆」は、弧状列島（日本）と海溝の間にあるくぼ地を指します。

さて、付加体は海溝より陸側で作られます。付加体ができる時に起きる現象として、「はぎ取り（off scraping）」、「底づけ（underplating）」、「序列外スラスト（out-of-sequence thrust）」があります。

プレートに載った海溝の堆積物は陸側に押し付けられ、ある弱い部分に水平断層（デコルマ）が発達します。デコルマはもともと水平断層のことですが、付加体では付加プリズム*の底面に当たる沈み込み帯の境界を指します。付加プリズムの発達にはデコルマの摩擦が大きく影響します。

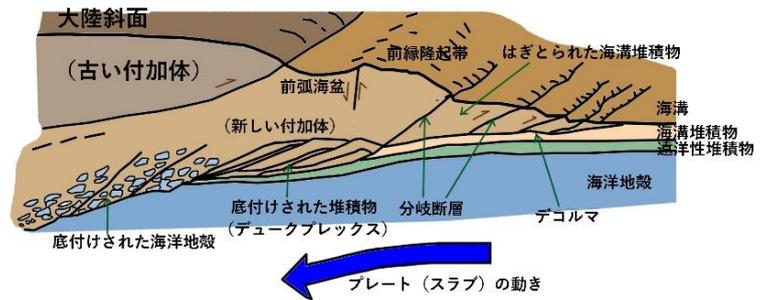


図4 プレートの剥ぎ取りと底付け作用

(genkokujunbishomen26word.pdf より作成)

デコルマより上の部分は付加します

（剥ぎ取り作用）。はぎ取られた部分（ス

ラストシート）は、すでにはぎ取られていた部分の下（下盤側）に新しく付け加えられていきますので、その分、付加体は分厚くなります。デコルマの摩擦はとても小さいので、剥ぎ取られた地層が水平方向に押されても（側方圧縮）、剥ぎ取られた部分にスラストができ、ここで押された力は開放しますので、その下には上からの重さしかかかりません。そのため剥ぎ取られた地層は水平にすべっていきます。

※付加プリズム：多くの逆断層で積み重なった楔（プリズム）状の断面をもつ堆積体

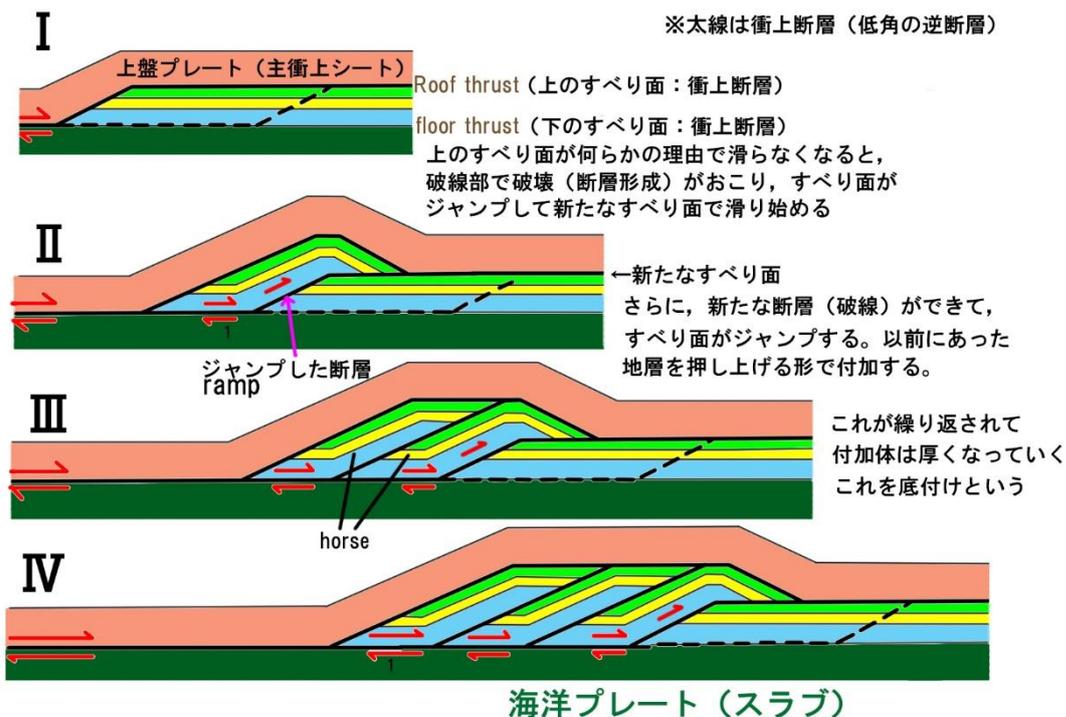


図5 デュークプレックス構造の成り方（諸資料より作成）

※ramp と horse：階段状の形の衝上断層で、地層と傾斜した部分を ramp、上下のスラストによって挟まれ、その間の小さな衝上断層によって境されたブロックを horse といいます。

デコルマより上位は剥ぎ取られますが、下位はプレートとともに沈み込んでいきます。これをアンダースラストイングといいます。アンダースラストイングされた地層（タービダイト層が多い）はデコルマの下にあったのですが、物性の変化に伴ってデコルマ（水平断層）がより壊れやすい下方へジャンプして、新しいデコルマができます。すると、それまでプレートとともに沈み込んでいた地層は、それ以前にできていた付加体の底に付加されます。底付けされた地層は、下を新しいデコルマに、上を古いデコルマにはさまれた形になり、地層は側方圧縮により斜めに重なり合う構造をつくっていきます。これが繰り返されてできたものをデュプレックス構造といいます。これによって付加体はさらに厚くなり、そのまた地下に底付けすればさらに厚くなります。底付け作用は剥ぎ取り作用が起こるところよりもっと内部で引きはがされて起こると考えられ、海洋プレートの玄武岩やチャート層などが底付けされると考えられています。底付けされた付加体は上盤プレート（地殻）の一部となり、そのくり返しによって上盤プレートは下から厚くなっていきます。厚くなった地殻は風化浸食によって上面から削られ、底付けされた付加体や形成された広域変成岩も地表に顔を出すことになります。

デュプレックス構造ができる仕組みは木村ほか（2013）によれば次のようです。まず、海洋プレートの玄武岩層の一番上は海水中に噴出したことによる枕状溶岩となっています。この溶岩は海水の入った空隙が多くあり、強度は弱い。その表層は長い年月で海水から沈殿した鉄物で空隙が埋められています。この枕状溶岩下部の空隙が多く弱い所を境に枕状溶岩の表層がはがされ底付けで付加しますが、滑らかなすべりが何らかによって妨げられると、すべる面が別の面にジャンプし、逆断層ができます。このくり返しでできる構造がデュプレックス構造（図5）です。

さらに、内陸部では、圧縮によって序列外スラストができます。序列外スラストは、付加体の一番陸地側でおこる断層で、それ以前に形成された構造を切って新たにできるスラスト（低角の逆断層）です。これによって地層の圧縮がさらに進み地層は厚くなります。デコルマより上の覆瓦状スラスト帯の部分は、下に位置する沈み込んだ海洋プレート層序とは逆に海側に移動します。

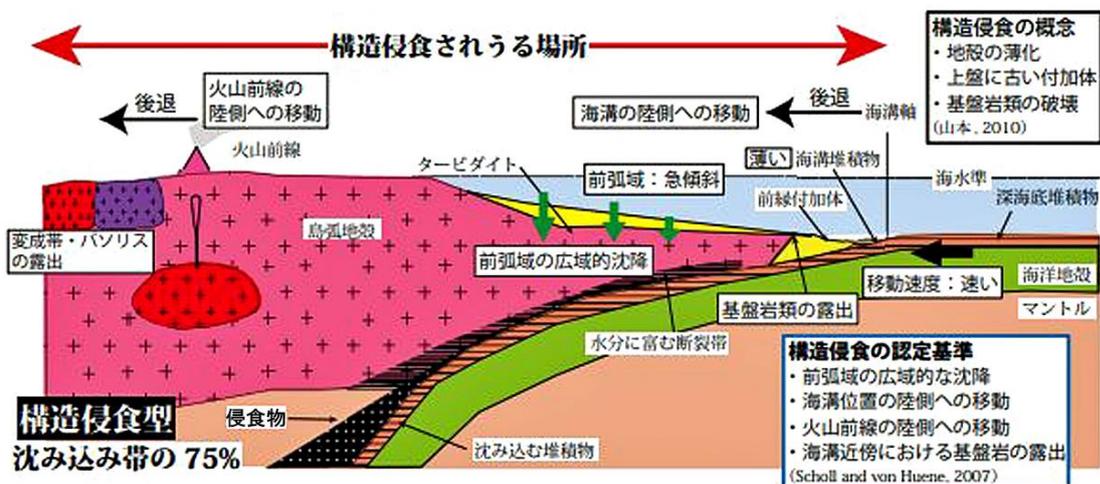


図6 構造侵食

小出 (2019)

付加体は沈み込み帯（海溝付近）で必ず形成されるわけではありません。西南日本弧ではフィリピン海プレートという若い海洋プレートが沈み込んでおり、付加体が形成されています。一方、太平洋プレートが沈み込む東北日本では付加体はできずに逆に侵食を受けています。このように、既存の島弧や大陸の構成物質が、海洋プレートの沈み込みによってマントルへ引きずり込まれる現象を、構造侵食作用（Subduction erosion）といいます。沈み込み帯の 3/4 以上で構造侵食作用が起きているといわれます。沈み込む速さと海溝の中心軸にたまる堆積物の厚さが要因と考えられており、早く沈み込むところや、溜まる堆積物が少ないところでは構造侵食が起きやすいようです。構造侵食が起こる成因として考えられているのは、海山や海嶺などの突起物による地殻の破壊、脱水された水による地殻の破壊、上盤のマントルのカンラン岩が蛇紋化することで侵食されやすい状態になることなどが考えられています。大陸地殻の増減という点からみると、現在の地球では、大陸はほとんど成長していないどころか、減少に向かっている可能性が高いともいわれます。

主な参考文献

- 勘米良亀齡, 1976, 過去と現在の地向斜性堆積物の対応 I. 科学, 46, (5), 284-291.
- 木村 学ほか, 2013, 図解プレートテクトニクス入門. 講談社, 222 p.
- 小出良幸, 2012, 島弧－海溝系における付加体の地質学的位置づけと構成について. 札幌学院大人文学紀要, 92, 1-23.
- 小出良幸, 2019, 沈み込み帯における付加と構造侵食の地質学的役割について. 札幌学院大学人文学紀要, 105, 117-146.
- 山本伸次, 2010, 構造侵食作用－太平洋型造山運動論と大陸成長モデルへの新視点－. 地学雑, 119 (6), 963-998.
- WEB, 四万十帯に便利. <http://www.arito.jp> 2023年2月11日閲覧