

メタン酸化菌（タイプX）によるCO<sub>2</sub>固定CO<sub>2</sub>-fixation by Type X methanotrophs

# 長沼 毅[1], 木村 浩之[1]

# Takeshi Naganuma[1], Hiroyuki Kimura[1]

[1] 広大・院・生物圏

[1] School of Biosphere Sci., Hiroshima Univ.

<http://home.hiroshima-u.ac.jp/hubol/naganuma.html>

メタン酸化菌（メタン栄養菌 methanotrophs）はイオウ酸化菌（イオウ栄養菌 thiotrophs）と並んで、深海化学合成依存共生系の主要な共生菌である。これまで、有鬚動物ハオリムシ類はイオウ酸化菌、軟体動物二枚貝類はイオウ酸化菌/メタン酸化菌のどちらかあるいは両方を有することが知られていた。ハオリムシ類に近縁な有鬚動物ヒゲムシ類の共生菌については、メタン酸化菌だろうという間接証拠が蓄積している一方、イオウ酸化が起きている証拠もあり、状況がやや錯綜している。この混乱を解きほぐす糸口がタイプX（エックス）メタン酸化菌かも知れない。能登半島の富山湾側にある小湾（九十九湾）には、ハオリムシ同様に「口も胃腸も肛門もない」有鬚動物ヒゲムシ（*Oligobrachia mashikoi* マシコヒゲムシ）が生息している。金沢大学・笹山雄一教授から頂いたヒゲムシ試料を調べたところ、この共生菌は分子系統（16S rRNA 遺伝子）的にはメタン酸化菌の系譜に属するが、同時にイオウ酸化系譜のCO<sub>2</sub>固定酵素（RuBisCO ルビスコ）遺伝子を有することが分かった。メタン酸化菌でありながらルビスコ遺伝子を有するとは、興味深い生き方である。メタン酸化であるからCO<sub>2</sub>が出てくるところ、そのCO<sub>2</sub>を（おそらく独立栄養的に）有機固定してしまうのだから、「徹底したメタン利用（資化）」であると言える。このような生き方をする微生物はまだ数例しか知られていないが、既に純粋培養され、諸性質が調べられている。その代表例は *Methylococcus capsulatus* であり、かつてはタイプ という普通のメタン酸化菌に分類されていたものが、現在ではタイプXに分類されている。最近になってこの菌のルビスコ遺伝子の解析も進み、深海共生微生物のルビスコ遺伝子との比較もできるようになってきた。タイプXの代表例である *M. capsulatus* は、細胞内の膜構造やRuMP経路による炭素（C）同化、クエン酸回路の欠損など多くの点でタイプ に似ているが、窒素（N<sub>2</sub>）固定を行なう点はタイプ に似ている。CO<sub>2</sub>固定とN<sub>2</sub>固定を行なうタイプ メタン酸化菌が *M. capsulatus* ひいてはタイプXであると言えるか。もし、そうなら、タイプX菌を共生菌に持つと、炭素（C）代謝だけでなく窒素（N）代謝においても有利になると考えられる〔海水中の最大の窒素プールはN<sub>2</sub>なのだから〕。ヒゲムシと並行して、われわれは沖縄トラフ伊平屋熱水域のシンカイヒバリガイ共生菌についても同様な「メタン酸化菌でありながらルビスコ遺伝子を有する」微生物を見つけた。この菌は分子系統（16S rRNA 遺伝子）的にメタン酸化菌であるだけでなく、実際にメタン酸化の鍵となる酵素（MMO）遺伝子を有していると同時に（やはりイオウ酸化系譜の）ルビスコ遺伝子も有していたのである〔九十九湾のヒゲムシではMMO遺伝子をまだ検出していない〕。これは沖縄トラフのシンカイヒバリガイが宿す共生菌は、タイプXで示唆されるような「メタン栄養とイオウ栄養の二重独立栄養」という生存戦略を取っているのだろうか。これらの共生菌がルビスコ/MMO遺伝子を有することは *in situ* hybridization 法で確認されている。これらの共生菌の「メタン栄養（CH<sub>4</sub>酸化）とイオウ栄養（CO<sub>2</sub>固定）」という二重戦略の“経済”（economics）と“生態”（ecology）について考察する。