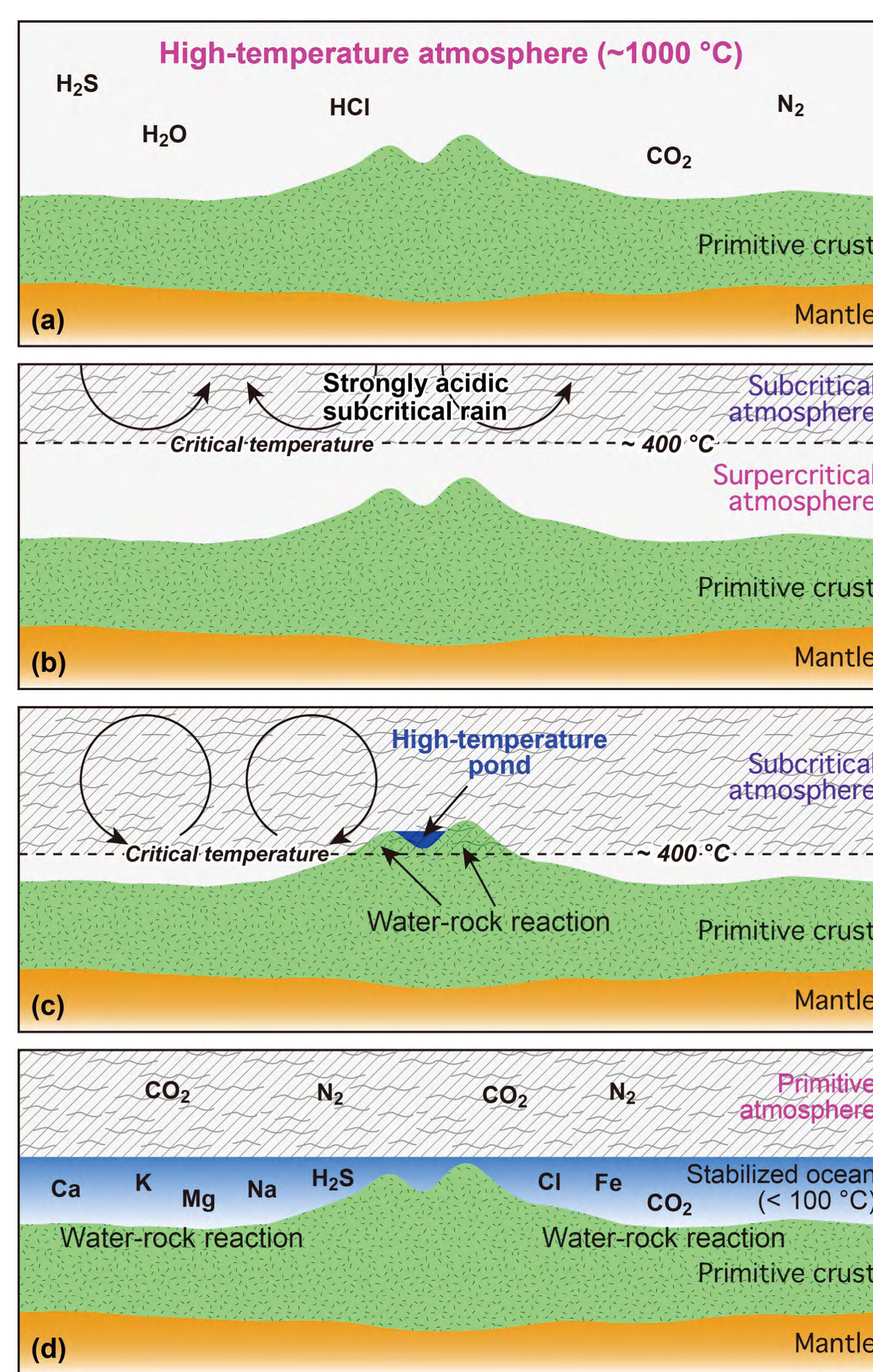


水惑星(アクアプラネット)における 熱水プロセスと生命環境の進化

1977年に深海の「海底熱水噴出孔」が発見されて以来、暗黒で高圧の深海底にも、太陽光に依存しない多様な生命圏が存在することが明らかになりました。過去20年間の地球の深海探査と室内実験の目覚ましい進歩は、現代の地球のみならず、40億年前の「初期地球」や、豊富な液体の水を持つ太陽系の他の天体「アクアプラネット」の研究を劇的に前進させました。本研究は、地球で培った最先端の熱水プロセスの知見を宇宙空間に適用し、生命誕生の条件を科学的に解き明かします。

初期地球における「生命誕生の場」の特定

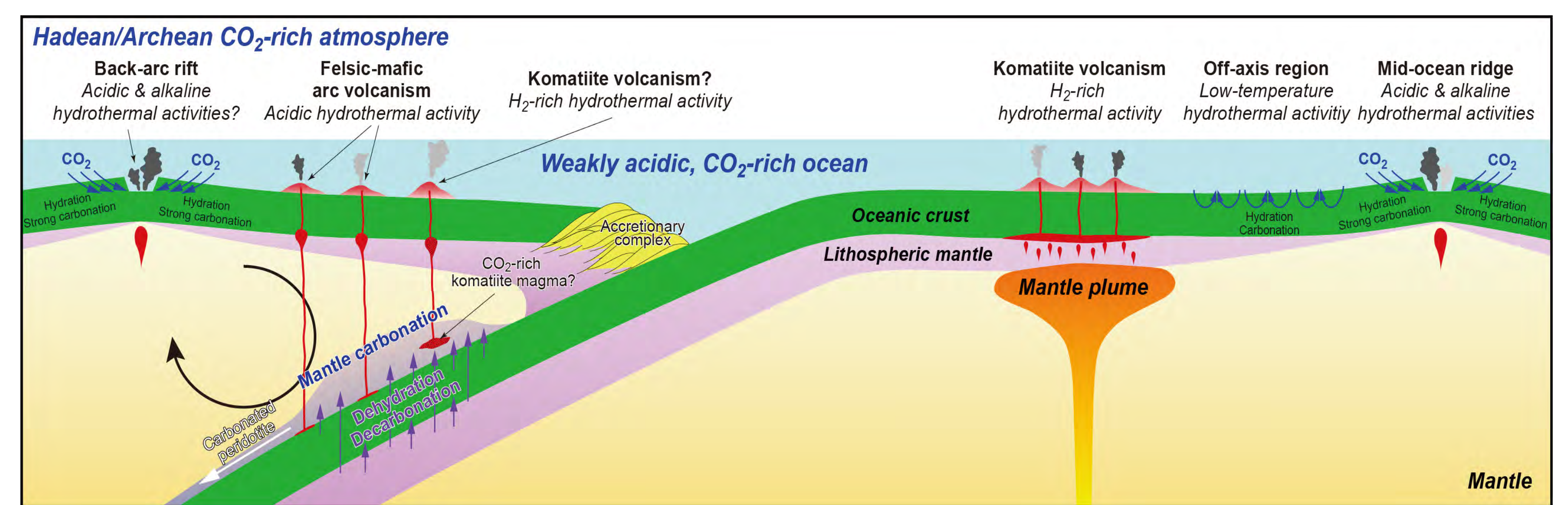
海洋誕生と「水素」に富む海底熱水



初期地球の海洋形成プロセス

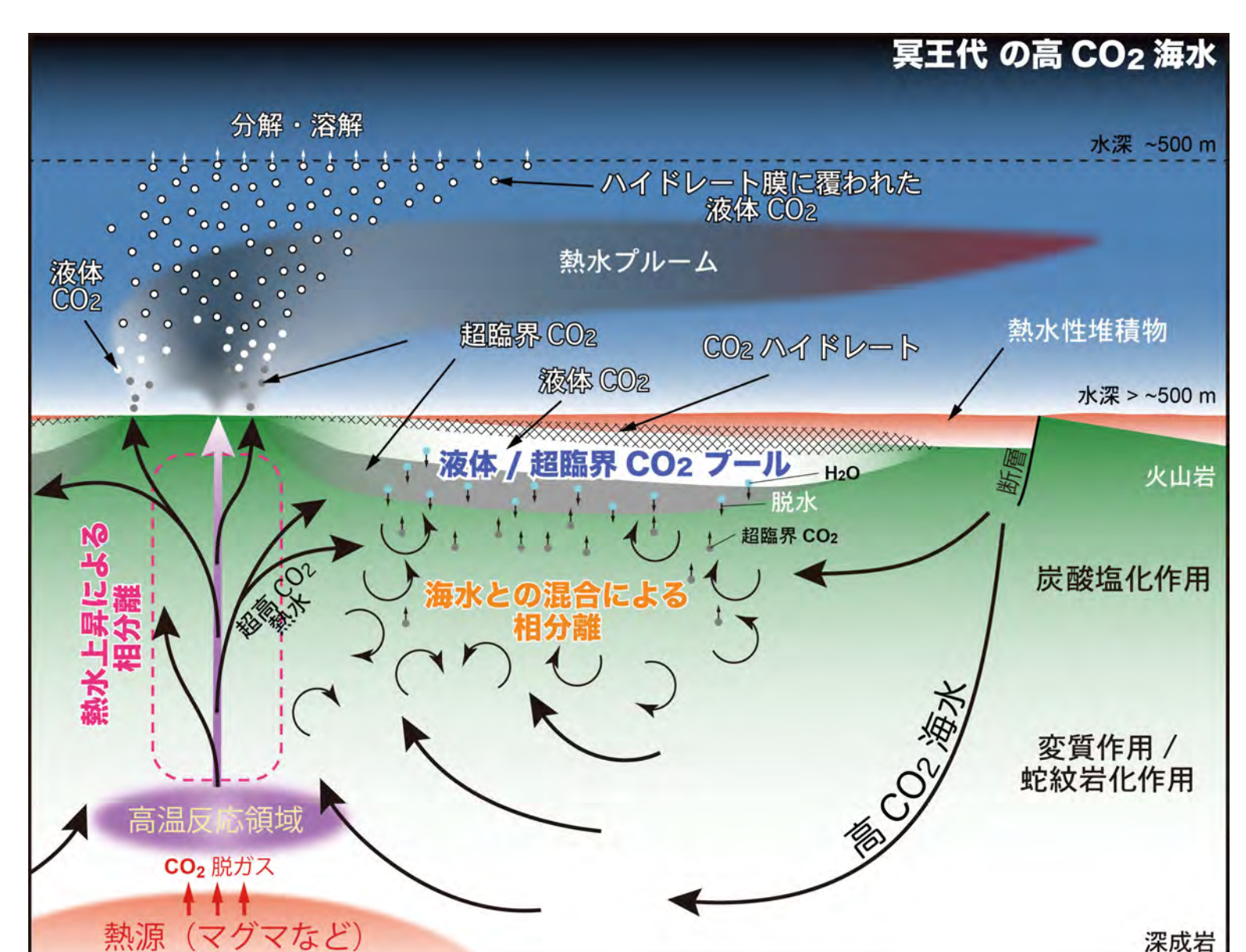
地球誕生直後のマグマの海が固まった後、高温・強酸性の雨が地表の岩石と反応しながら、液体の海洋が形成されました（左図）。このプロセスを実験で再現したところ、地球で最初にできた海は、今のように塩辛くなく、炭酸が強く苦かったことが示唆されました。また、プレートテクトニクスが開始した後、海洋の炭酸や苦味成分が海底の岩石に吸収されてマントルに運ばれることによって、海がだんだんと塩辛くなったと予想されます。

初期地球の海底では、超高温のマグマが冷え固まった「コマチアイト」と呼ばれる火山岩が、海水と反応（蛇紋岩化）し、初期生命のエネルギー源となる高濃度の「水素」を発生させたことが判明（下図）。このコマチアイト熱水系では、すべての生物の共通祖先であると考えられる微生物が生育可能な濃度の「水素」を発生していたことが実験からも確かめられました。



弱酸性・高濃度 CO₂ の原始海洋と多様な海底熱水活動

「ウォーター・パラドックス」の解決



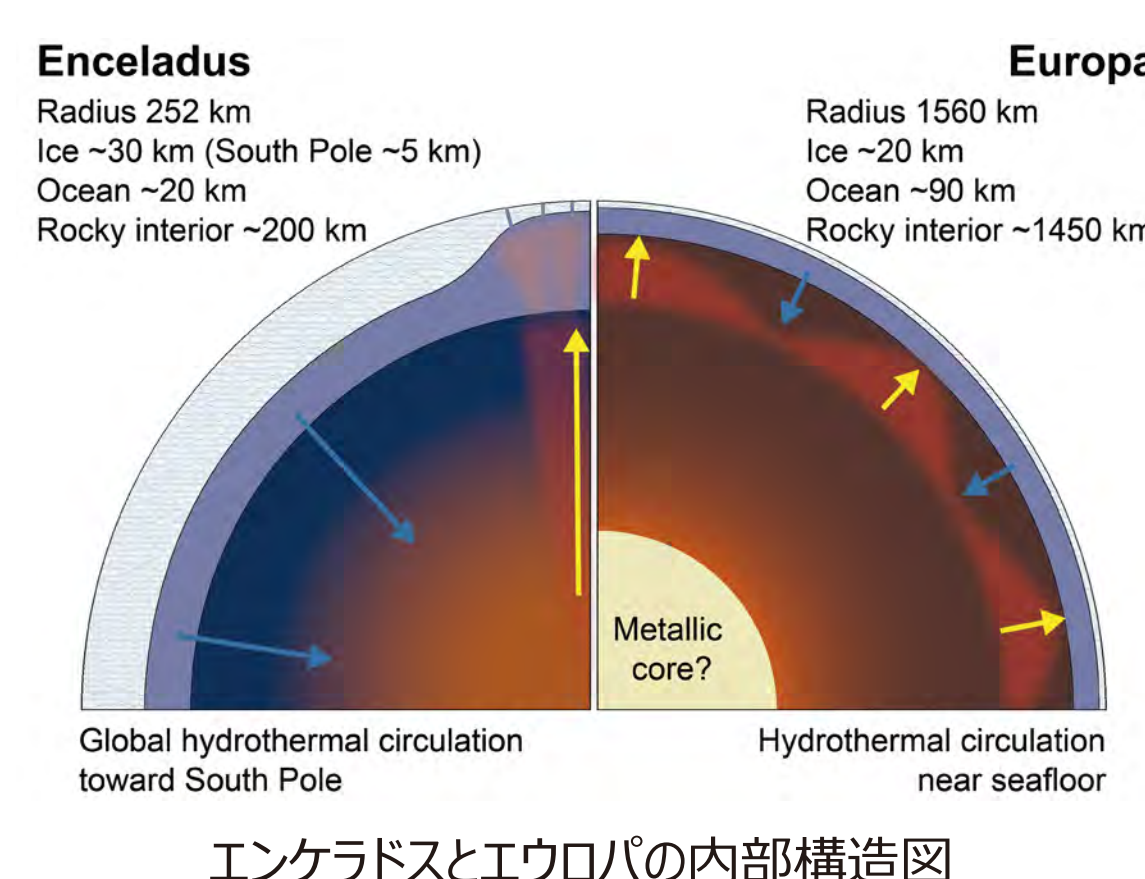
液体 / 超臨界 CO₂ 仮説の概念図

生命の起源「海底熱水説」は、初期生命を育む上で非常に有利な点が多く、最も支持される仮説の一つです。しかし、「海底熱水説」には、「生命誕生前の有機化学進化において、豊富な水が有機物の重合を阻害するとともに、分解してしまう」という問題（ウォーター・パラドックス）がありました。我々は、初期地球の深海熱水活動域に局所的に存在した「液体および超臨界状態の二酸化炭素」が有機溶媒として働き、水による分解を防いで有機物の合成を促進したとする「液体 / 超臨界 CO₂ 仮説」を提示しました。

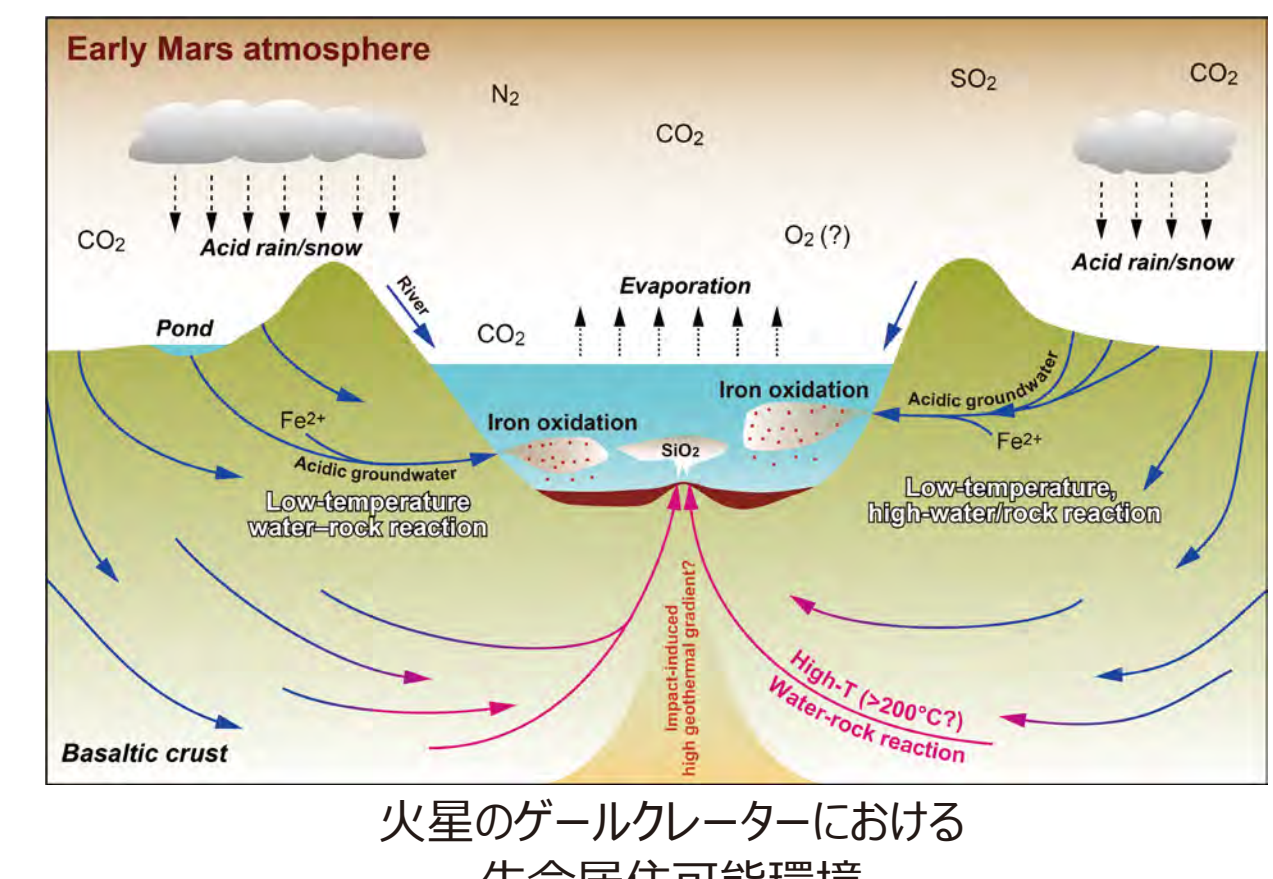
「液体 / 超臨界CO₂仮説」は、生命の起源「海底熱水説」の概念を飛躍的に発展させました。

太陽系「水惑星」の生命存在の可能性

土星衛星の海底や火星でも、地球の初期環境と同様に岩石と水が反応する「熱水活動」が存在し、生命を維持するエネルギー環境があったことが示唆されています。



エンケラドスとエウロパの内部構造図



火星のゲールクレーターにおける生命居住可能環境

今後の展望

本研究成果は、人類の根源的な問いである「我々はどのように生まれ、どこから来たのか、宇宙に孤独な存在なのか」という謎に迫り、次世代の宇宙探査戦略や地球外生命探査分野へ貢献します。