

液体を見る目で人類を見る

“科学技術とテイヤール・ド・シャルダンの人間観・地球観・宇宙観” の自身の研究を通じた理解

理工学研究科 理工学専攻 応用化学領域 博士後期課程
C1378208 鷲見 卓也 (すみ たくや)

【要約】

ピエール・テイヤール・ド・シャルダン是我々人類の進化について、独自の観点に立ち歴史を観察し、人類の過去、現在そして未来について論じた。彼の研究において特筆すべきは、人類の進化を地球上で起きたひとつの現象と捉え、宇宙の法則を以てそれを扱ったことであり、その上で人類という現象の特異な点について考察を与えたことである。彼は人類の誕生以来の歴史を「放散」と「収斂」という言葉で特徴づけている。

本論文ではまずテイヤールの論じた進化論について簡単にまとめ、その中核ともなる「放散」と「収斂」において科学技術が果たした役割について論じる。次に、筆者の研究対象である液体や溶液の特徴について説明し、自身の研究であるエマルションについて記述する。筆者は溶液中の分子の挙動に興味を持って研究を行っており、それらを観察することはテイヤールの人間観に通ずるものがあると考えている。すなわち、分子間力で互いに相互作用をしながらもエントロピー増大の法則に従う溶液内の分子の挙動は、人類が互いに絆を繋ぎつつ地球上に放散し、人類という集団として機能を果たしてきた歴史を彷彿とさせる。

テイヤールはこの先に人類はさらなる進化の段階に到達するという考えを提唱した。彼の指摘が正しければ、人類は膨張の中間点を越え、いつか収斂の果て(オメガ点)へと向かう。その中で人類がどのように機能していくのか、していくべきなのか。その問いに答えを出すためには、科学者が反応系中の現象を眺めるかのように、地球上の人類という現象を注視するというテイヤールの視点を持つことが必要になると考える。

1. 人類の進化と科学技術の発展

1-1. シャルダンの進化論^{1) 2) 3) 4) 5)}

ピエール・テイヤール・ド・シャルダン (1881-1955) はフランスに生まれたイエズス会士であるとともに、生物学および考古学の発展に一石を投じた 19 世紀の巨人である。彼は自身の発掘と考察に基づき、人類の進化について画期的な提唱を行った。彼の進化論は“人の母体は宇宙であり、宇宙の存在理由は人間の母体である”という観点に基づいており、すべての生物は偶然や必然によるのではなく、人間の出現という目標に向かって進化してきたと述べている。彼の論じた進化論の要点は、以下のように書きだすことができる。

i. 発生の量子（化）と現象の多層化

種の発生は連続的ではなく不連続であり（まるで量子的に）、そしてその発生した種が持続することにより発生は消滅する。その結果、進化の歴史は積層構造を成した。この構造をテイヤールは《鱗状》構造と呼び、その仮説に基づいた人の系統発生の構図として **図 1** に示すような概念図をいくつかの著書で用いている。彼は中期最新世までの期間を人類の「放散」、後期最新世以降を「収斂」と見ている。

ii. 定向進化と人類の進化

全ての生物の進化は宇宙的に見て同じ方向を目指して進んでおり、それはまるで粒子（物質）がエントロピーの増大する方向に自然に行動していくことに似ている。その生物圏の進化に対して、人類はホモ・サピエンスの誕生以降、爆発的な加速度で地球上に拡散し、行動の大半が思考化し、集団化し、また文明化しているという点で他の生物と異なる進化の段階に達し始めている。これが生物圏の上に被覆したヒトという現象なのである。人類は進化の歩みを止めず、人種という形で細分化されることにより人類は生活圏を広げると同時に、文明の発達により人類同士の—いたる場所での—接触機会の増大を生み出した。これが「放散」と「収斂」である。

iii. 人類の未来

この数万年の間、生物学的な進化というよりは、省察力の獲得と文明の発展を続けてきた人類は今のところその歩みを止めることなく活動の膨張を続けている。その種としての人類の系統の終末についての考察がテイヤールの大きな仕事と言える。結論から言えば、種としての終末が突然訪れるとは彼は考えておらず、世界で騒がれるような終末の日とはいささか異なる未来を思い描いていたようだ。彼は、他の生物には無い進化の過程へと飛び出した人類は臨界点（オメガ点）に達し、その時再び進化の機構の外に飛び出す日が来ると結論付け、それがいつ訪れるかについては百万年単位では推測できないと述べている。

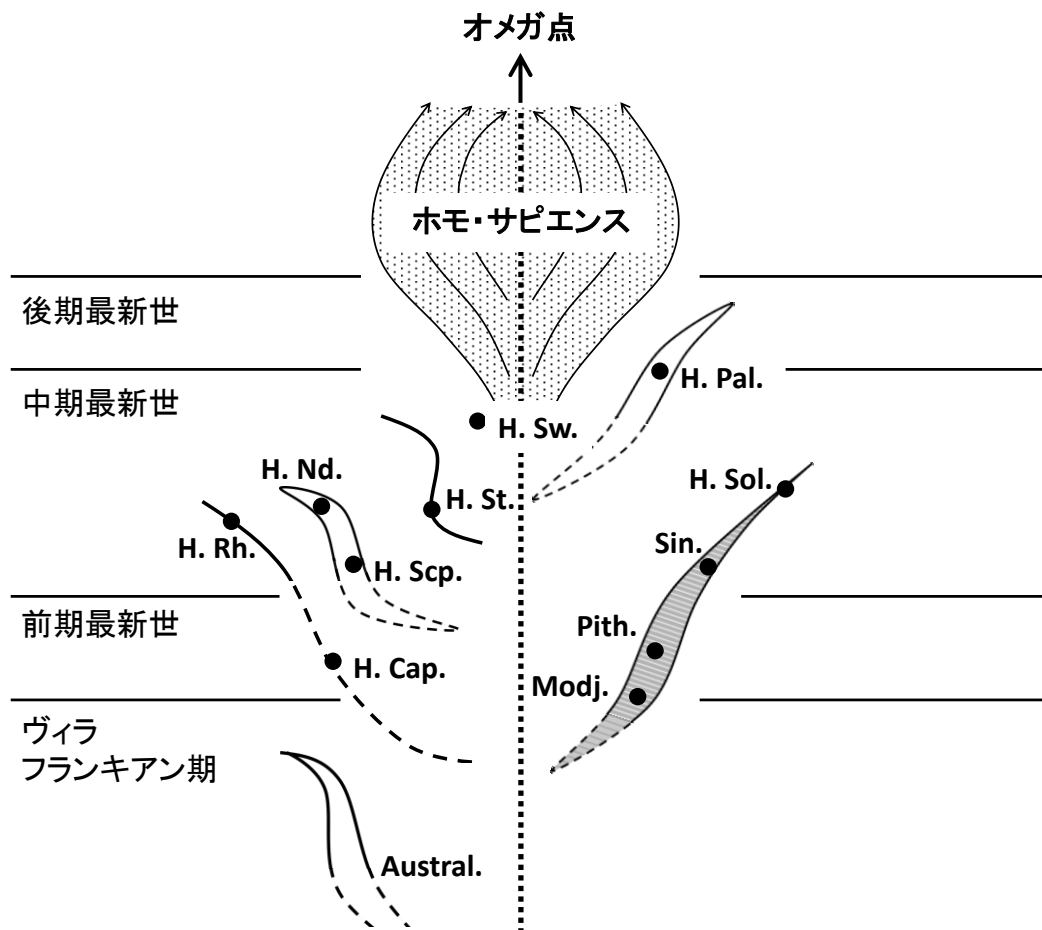


図1 《鱗状》構造仮説によるヒトの集群の系統発生の構図³⁾

H. Rh.はローデシア人、H. Nd.はネアンデルタール人、H.St.はシュタインハイム人
 H.Sw.はスウォンズクーム人、H. Pal.はパレスチナ人、H. Sep. はサッコパストーレ人
 H. Sol.はソロ人、Sin.はシナントロプス、Pith.はピテカントロプス類
 Modj.はモジョケルト人、H. Cap はカペンシス、Austral.はアウストラロピテクス類を指す

1-2. 人類の進化における科学技術²⁾³⁾⁶⁾

人類は進化の過程であらゆるものを生産した。それは食糧であり、あるいは移動手段であった。現在では、広い目で見れば人類はもはや特定の地に局在していない。電車、船、飛行機を用いて地球のあらゆる地域に非局在している。また、人間が行ってきた、機械によるオートメーション（自動）化については、テイヤールも人類の進化の特に収斂の過程に大きく関わっていると考えている。機械の発達によって自らの手と精神の辛労から解放された人間の”人間エネルギー”の”脳エネルギー”への変換、それが人間だけが可能とした”脳化”に繋がったと彼は述べているが、ここではそれについて深く論じることは避ける。

本項では、人類の進化に寄与してきた技術について三つ例を挙げて考えたい。一つ目に食糧、次に移動手段、そして三つ目は 言語である。

i. 食糧

放散および収斂において食糧が問題となるということは想像に難くない。長距離を移動するにあたっては大量の食糧が必要となるし、また移動した地に定住するためには安定した食糧自給が求められる。この問題に対して人類が大きな前進をしたのは、およそ 1 万年前に始まったと言われる農耕である。狩猟だけでなく、農耕によって食糧の安定供給を可能とした人類は、その後の生息圏拡大へと進んでいったのである。

しかしながら、長い年月を経た 18 世紀、ヨーロッパを中心として人類はかつてない食糧問題に突き当たった。発端は産業革命による生活水準の大幅な改善であった。爆発的な人口増加を迎えた人類を養う体力が、耕作地には無かった。植物が成長するには窒素が不可欠であり、農耕活動においては硝石を原料とした肥料を撒くなどして土中の窒素量を保つ必要があった。しかし、人口増加や工業活動の活発化により硝石の供給が間に合わなくなり、結果として人類は食糧危機を迎えたのであった。この危機を乗り越えた科学技術が「**Haber-Bosch** のアンモニア合成法」である。いわゆるハーバー・ボッシュ法として名高いこの合成法により、空気中の水素と窒素からアンモニアを直接合成することが可能となり、この功績を称えられ、ハーバーは 1918 年、ボッシュは 1931 年にそれぞれノーベル化学賞を受賞している。今や人体の大部分がこの方法で作られたアンモニアによって養われていると言われるほど、ハーバー・ボッシュ法により合成されたアンモニアは有用な肥料として人類の食生活を支えるものとなっている。

ii. 移動手段

前述の通り、テイヤールは人類の機械主義化を注視し人類の進化との関係について述べている。人間の活動の機械化が急進した契機はもちろん産業革命による技術革新である。人的労働を機械が代替することにより、人間の思考的な活動は活発となった。ここではテイヤールが論じた人の種としての進化と機械化の直接的な関係というよりは、機械化の産物による人類の接触機会の増加、すなわち科学技術がもたらした移動手段の発達と収斂に目を向けたいと思う。

人類の発展に大きく寄与した最初の移動手段は馬であり、次に船であったと考えられる。馬を手懐けることにより平原を征することを果たし、船舶の進歩は新大陸への進出をもたらした。移動手段の進歩は単純な生息地の拡大のみではなく、移住と定住という相反した選択肢を人類に提供した点に大きな意味がある。農業と並び移動手段の発展は、食糧を求めて移動を続ける他の生物には無い生活スタイルを生み出したのだ。人類の移動は単なる放散では終わらない。放散の末の収斂というスタイルこそ、人類が生物圏においてオリジナルたる所以なのである。

さて、人間の移動の自由度をさらに高めた技術というと飛行機や宇宙船といった飛行能力を語らずにはいられない。しかし、テイヤールの考えを踏まえてこの飛行という行為を眺めると、別の観点を持つことができる。すなわち飛行という行為は、地上を住処とする

人類に自らを俯瞰するという地球的、あるいは宇宙的な視点を与えるものだと考えられる。人類をひとつの生命としてではなく、地球に分散した現象として見るテイヤールの視点の誕生に同時期に大きく進歩した飛行技術の寄与があったのではないかと、私は想像する。

iii. 言語

移住やその後の定住、そして交流というような人類の歴史においては、言語というのは時に大きな障害となる。言葉は生理的なコミュニケーションであり、生活の礎となるツールでもあるからだ。近年では、言語学や音声学、そして電気機器に関する技術の進歩により、言語は解析され、機械で認識し再生するということが可能となりつつある。機械による異言語の同時通訳は、科学技術の発展に課せられている大きな期待とも言える。とは言え、繰り返しにはなるが言語は文化の一部とも言える。その点を踏まえると、やはり個々の人間が文化と共に身に付け、用い、伝えゆくべきものかもしれない。テイヤールも属したイエズス会は布教に向かう宣教師たちに「その地の言葉で語りなさい」と求めたという。そのような宣教師の努力の甲斐あって、ヨーロッパから遠く離れた日本においても、キリスト教は深く根付いたのかもしれない。文化と文化、人と人の間にあるものはいつでも人であり、とりわけ双方の言語や文化に精通した人である。いつの時代においても、言語を学び国と国を繋げ、異文化を橋渡しする人材の育成が人類の放散・収斂の要であったと考えられる。そしてこれは、他の生物にはなし得ない人類の知性と叡智の為せる業と言える。

2. 液体と”ヒトという現象”

私が研究対象としている液体とは、身近にある一方で研究の余地が果てしなくある、そんな物質である。現在私は液体の中でも水と有機溶媒の溶液を扱っている。すなわち、異なる物質を混ぜ合わせたものである。本項では液体における分子に関して、その概要、エントロピー、分子間力、そして界面活性剤という存在について述べたい。

i. 液体⁷⁸⁾

液体とは何であろうか。液体の定義としては辞書の項目に「原子や分子が集まって凝縮し流動する物質の状態。液体の原子や分子は、それ自体の大きさ程度の微視的な運動もしているが、気体のように自由にふるまうことはできない。しかも液体は、低温で決まった密度、体積を持ち、圧力をかけても気体のように圧縮されない。」とある。すなわち固体のように、原子および分子の位置は固定されておらず、一方で気体のように自由に動き回ることもできない状態である。個々の原子・分子間には互いに引き合い繋げる力（分子間力）があると同時に、互いの位置を常に変化させ続け流動する性質（エントロピー増大の法則）に束縛されている、そんな状態の物質を液体と呼んでいる。なお、これはあくまで科学的な観点に基づく定義であり、人間の観点すなわち空間や時間的な感覚に基づく、少々違和感がある場合もある。「ピッチドロップ実験」と呼ばれる有名な実験がある。これ

は固体に見えるほど粘度が高い液体（ピッチ）を滴下する実験であり、一滴が落下するのに100ヶ月程度を要する。オーストラリアのクイーンズランド大学のパーネルが1927年に始めた滴下実験では、現在8滴（8滴目は2000年）の滴下が認められており、歩みは遅いが確かにこのピッチは液体なのである。なお、このピッチの粘度は水の2300億倍という驚異的な値を有している。以上のように、液体とは身近な存在であるが、実に興味深い物体と言える。人間の観点に立てば、ピッチやガラスといったものは液体と認識できないかもしれないが、もしも人間とは違う時間感覚を持つ存在から見ればそれらは液体と認識され、逆に水など我々が液体と認識している物質の運動はまさに目にも止まらぬ速度に感じられるのかもしれない。

人類はその誕生から長きを経て地球上に放散した。人間の感覚からすれば想像を絶する時間を要したと言えるが、地球の歴史からすればごく短い時間でそれを成し遂げたとも言える。人類はその場に留まらず移動をし続けてきた存在であり、これからも移動をし続ける存在である。それでいて、その地や他人との繋がりを確かに感じ、それが行動に干渉する性質もある。人類はまるで液体の中の分子のようなのである。

ii. エントロピー増大の法則

全ての分子はエントロピー増大の法則に従う。簡単に言えば、可能であれば拡散していくということである。水に垂らされた一滴のインクを構成する分子は水の中に「放散」していく。その速度に差はあれども、すべての分子はこの現象に例えられるようにエントロピーを増大させる方向に動いていく。分子はみな、人類と同じように放散の欲求を抱いているのである。

iii. 分子間力⁹⁾

分子は拡がっていくものだということは前項において説明したが、一方で分子は互いに、時に引き合い（引力）、時に反発し合う（斥力）。それは分子間力によるものである。

分子は普遍的に互いに引き合う力を有しており、それは **van der Waals** 力と呼ばれている。 **van der Waals** 力の由来は **London** 分散力、双極子相互作用、水素結合といったものに分類され、この力によって分子同士は緩やかに繋ぎ留められている。例えるならば、人間が「誰かといたい」「集団に属したい」と思う気持ちがこれにあたるとも言える。他の引力としては静電引力があり、これはつまりプラス（正）とマイナス（負）が引き合う力である。この力は **van der Waals** 力と比べると大きな力を持っている。言うなれば、異性が惹かれあうということであり、その点において生物的な力なのかもしれない。このように引き合う力がある一方で、原子や分子同士が上述の引力によって近づきすぎると、たとえ同じ物質であっても反発し合う力がはたらく。これは分子の基となる原子の電子雲同士の反発に由来する斥力である。人間社会においても、親しい関係であり続ける適度な距離感というものがあることを考えればいくらか理解しやすい。

さて、ここで私の研究対象である水という特定の物質に目を向ける。水は人間にとってもっとも馴染のある液体物質である一方、他の物質が持ち合わせない特異な性質を有する。その特性の基は「水素結合」と呼ばれる特殊な分子間相互作用である。水素結合とは、一般には電気陰性度の高い原子に結合した水素原子が近傍に存在する電子対との間に発生する相互作用と説明される。水においては各水分子が周囲の水分子と水素結合を作ることにより、網目状のネットワーク構造（**図 2**）が形成され、この現象により水の特異な密度変化や異常な高沸点が発現する。また、ネットワーク内に物質を取り込む、あるいは他の物質と水素結合を形成することにより、水は他の物質を溶解する能力にも長けている。水については長きにわたり研究がなされ、液体物質の中では幾分か理解が深められた物質とも言えるが、その構造や挙動などについては未だに議論がなされている。液体は上述のように分子同士で様々な相互作用を持ち、ある程度の集団として存在するために、その物性は分子単体の性質とは大きく異なる。集団の大きさも一定ではなく気体ほどの自由度は無いものの常に変化し続けることから、その物性を捉えることは非常に困難である。水もそんな液体のひとつであり、研究対象として非常に魅力的な物質の一つなのである。

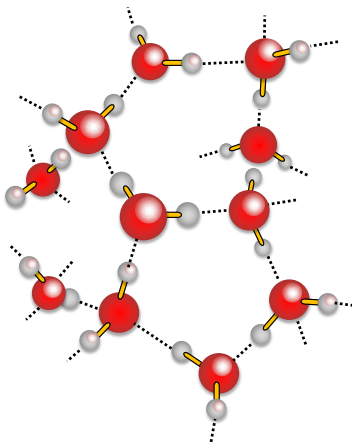


図 2 水のネットワーク構造

赤丸は酸素原子、白丸は水素原子を示し
黒点線は水素結合をあらわしている。

液体の水は相互に引き合いながら、互いの位置
を絶えず交換して流動性を保つ。

iv. 界面活性剤

これまで液体というものが互いに引き合いながらも、拡がっていく物質であることを述べてきた。しかし、液体にも容易に拡散できない状況がある。例えば、水と油（正確には長鎖構造を持つ炭化水素化合物）は互いに液体であるにも関わらず、混ざり合うことはできないが、これは水と油の極性すなわち比誘電率の違いによるものである。誘電率とは物質の電気的な性質を示す指標であり、これが近い物質ほど混ざりやすいと言える。

水の比誘電率は 78 程度である一方、所謂油に含まれる物質のそれは 2 程度である。また、分子構造を見てみても、油に含まれる分子は長鎖の炭化水素構造を持ち、構造中に電気陰性度の小さい酸素などの原子が少ない。すなわち水素結合を水と作ることができず、その結果混ざり合うことができないのである。水にとっても油にとっても、誘電率の違いは互

いの放散を妨げる障壁であり、人類の放散における言語や文化の差のようなものである。

私がここで液体と人間を再び同一視したのは、すなわち人類が各地への放散を果たしたように、水も油の中への放散を成し遂げるからである。それを可能とするのが界面活性剤という物質である。界面活性剤はその構造の中に長鎖の炭化水素構造（疎水基）とヒドロキシル基に代表される親水基を持ち合わせるところにその特徴がある。疎水基は油と親和性を持ち、親水基は水と親和性を持つ、言わば、水と油のどちらの言語や文化をも理解した通訳のような存在なのである。界面活性剤が仲介人となり、水は油中、油は水中に拡散することができ、この状態をエマルションと呼ぶ（図 3）。このように水や油が微小な液滴となって他の物質中に分散することによって、水と油の両方の特性が得られることから、エマルションは化粧品やインクなどの製品に応用されている。

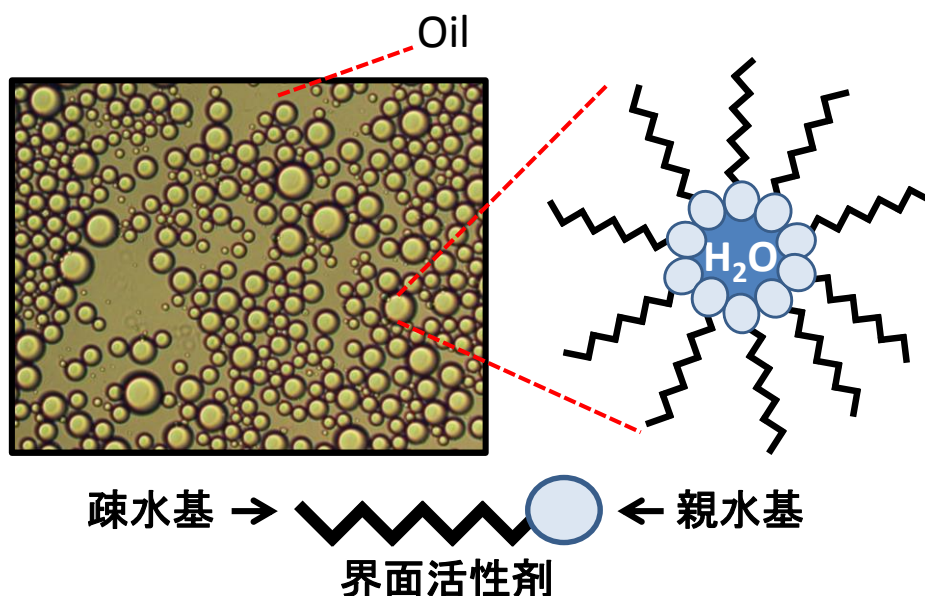


図 3 (上) エマルションの光学顕微鏡画像と油中の水分子の様子の概念図
(下) 界面活性剤の構造

v. 自身の研究

私の研究は油中に水が放散したエマルションの（主に電氣的な）物性調査と、エマルション状態を生かした化学反応系の構築である。例えば、比較的短鎖長ではあるが水とは混ざり合うことができない 1-ヘキサノール中に水を滴下し超音波照射することにより、水をヘキサノール中に分散させる。そのときの水の添加量と比誘電率の関係を図 4 に示すが、水の添加量の増加に伴い溶液の比誘電率の値は直線的に増加している。微量でも水を分散させることにより、ヘキサノールの電氣的物性は単独のそれから変化するのである。また、油中に分散した水分子の状態も、水中の水分子の状態とは大きく異なると考えられる。つまり、周囲の水分子の数が著しく少ないため、ネットワーク構造や分子運動が変化することが予想され、通常の水では発現しない効果が得られる可能性がある。私の研究の

目的はその微小な空間にある水に特殊な反応場としての価値を見出すことにある。具体的には、油に溶解しない物質を水に溶かし、エマルション中の微小空間に閉じ込めた後に化学反応を進行させ目的物を回収し評価するという流れに従う（シリカ微粒子合成の例を図5に示す）。現時点では界面活性剤を用いないサーファクタントフリーエマルションという系を採用しているが、必要があれば彼ら通訳の力を借りることも考えている。

エマルションは通常混ざり合わない者同士が互いを受け入れ、ひとつの液体として機能を発現する現象とも言える。この「収斂」による相乗効果も期待でき、水、油双方にとって新たな価値を得ることのできる可能性を持っている。私はこの現象の中に、人類の歩んできた道程を重ね合わせている。人類の歴史において、異なる文化同士が衝突し、理解を深める過程は数多く起きたと想像できるが、そこにおいて必ず双方を繋ぎ合わせた者が存在していたはずであり、彼らの尽力により今日における人類の繁栄があると考えられる。

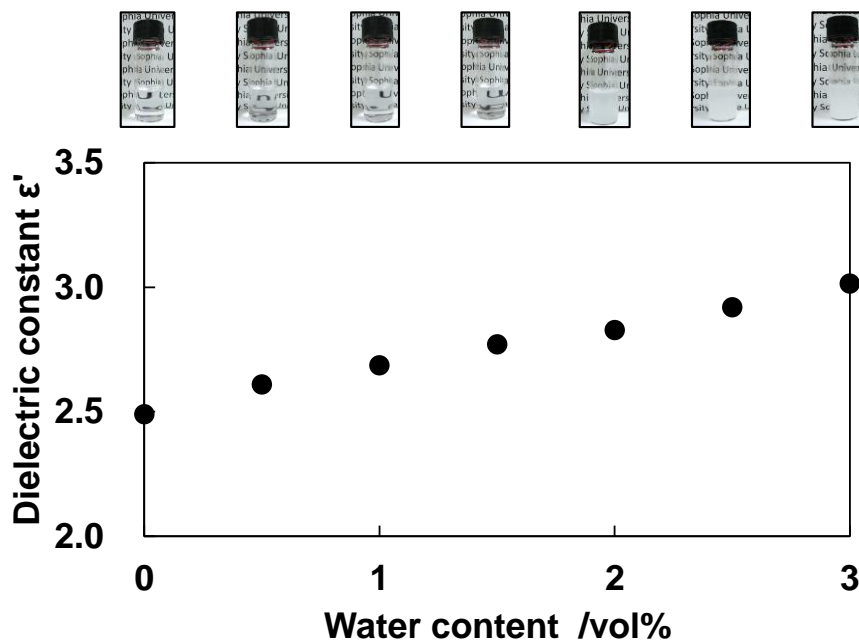


図4 水/ヘキサノール溶液の外観と比誘電率の含水率依存性

水の添加量が増えると比誘電率は直線的に大きくなり、外観も白濁を示す

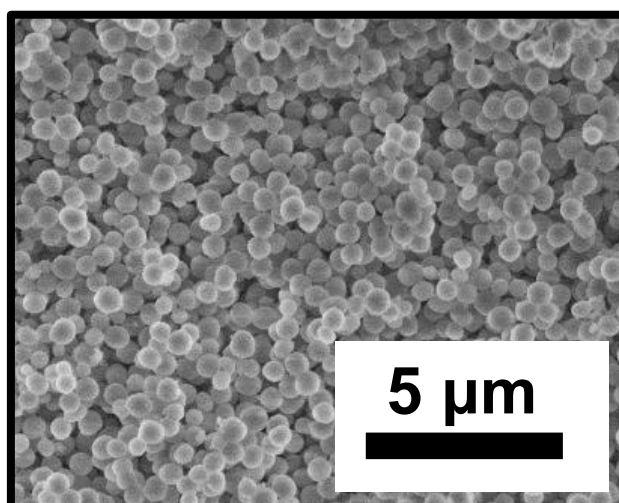


図5 ヘキサノール中の水を反応場として合成されたシリカ微粒子の顕微鏡観察結果

3. むすび 一液体を見る目で、人類を見る—¹⁴⁾

“分子間力”により繋がり合った液体中の分子の目標はもちろん“エントロピーの増大”そして“平衡状態”であった。それでは人間同士を繋ぎ止めるものは何であり、人類の目標とはなんであろうか。テイヤールはその問いに対しても答えている。すなわち、人類が結びつく力、前進する力、進歩・進化する力の源こそがキリストであり、進歩の結果、「人類」は全体として「神」の領域に達すると彼は考えた。この考えにおいて重要となるのは、やはり人類を「個」ではなく「集団」として見做す視点であり、宇宙を母体として地上に分散した存在であるという観点である（その観点に人を誘うのもまたキリストである）。この“人類が自身（ひとつ）を現象（多きもの）として見つめる”現象観がこの星に浸透したとき、人類は生物として、現象として進化の新たなステージに登り、その時テイヤールの思い描いたオメガ点を垣間見ることができる。そしてそのためには、ビーカーの中の水の挙動を考えるかのように、地球に分散した人間たちの挙動を宇宙から俯瞰するかの如く観察し、仮定し、考察していくことが必要であろうと、私は自身の「液体を見つめる研究」を通して感じている。

《参考文献》

- 1) “テイヤール・ド・シャルダン著作集 1 現象としての人間 (美田稔 訳)”, みすず書房, pp. 187-224 (1971).
- 2) “テイヤール・ド・シャルダン著作集 3 ヒトの出現 (寺田和夫, 高橋三義 共訳)”, みすず書房, pp. 182-239 378-381 (1970).
- 3) “テイヤール・ド・シャルダン著作集 6 過去のヴィジョン (山口敏 訳)”, みすず書房, 63-71 (1971).
- 4) G. ネラン, “神の場 テイヤール・ド・シャルダンのキリスト教観”, 新教出版社, pp. 1-92 179-215 (1972).
- 5) 石田太郎, “知は力か”, 文芸社, pp. 251-253 (2003).
- 6) 鈴木恒雄, “人類の進化と農業の運命”, 鳥大農研報, **41**, pp. 89-99 (1988).
- 7) 玉虫伶太他編, “エッセンシャル 化学辞典”, 東京化学同人, p. 59 (1999).
- 8) The Pitch Drop Experiment – クイーンズランド大学 HP 内
<http://www.smp.uq.edu.au/content/pitch-drop-experiment>
- 9) 上平恒, “水の分子工学”, 講談社, pp. 1-10 (1998).