



ミクロとマクロのコミュニケーション

戸板女子短期大学
大 橋 隆 明

■ はじめに

何のことだろう、ミクロとマクロのコミュニケーションとは。ミクロのコミュニケーションとは細胞間・分子間のコミュニケーション、マクロのコミュニケーションとは人と人とのコミュニケーションのことです。前者は生命維持に欠かせず、後者は人間社会で生きていくために大変重要です。後になって「あの時ももう少し具体的に話しておけば良かった」と後悔することがよくあります。私はこれ以上話さなくても相手は分かってくれる、悟ってくれるという気持ちが強くあまり多くを語りません。相手にくどいと思われたくないからです。私のような人はコミュニケーションで問題を起こしやすいと思います。また世間の人々は夫婦は阿吽の呼吸だとよく言いますが絶対にそうではありません。男性間ですら異文化が存在するのに男女間の異文化は巨大です。コミュニケーションなくして男女が相互理解することは不可能です。しかし日本人は多くを語らないことを美德としてきたことも事実であり、戦前に起きた五・一五事件の犬養毅と青年将校のように「話せば分かる」「問答無用」だけでは戦争へ突き進みます。

友人との待ち合わせを決める時に何日何時と約束したはずなのにお互い別の駅で待っていたことがあります。仕事が長引き連絡することもできずガールフレンドを6時間も待たせた友人がいました。待っていた彼女の一途な気持ちに脱帽です。約束時にもう少し何とかしておけばと思いますが他人のお節介です。長い人生これくらいは小さな事ですが、世の中には起きるべきでないことが起きることがあります。特に医療現場でミスコミュニケーションが起きては事は深刻です。投与すべき薬を間違えたり、患者の取り違えで正常な肺の一部を切除された人がいました。赤ちゃんの取り違えも起きました。なぜ起きるのでしょうか。私の周りで実際に起きたコミュニケーション失敗談を参考にさせていただけたらと思います、その一部を紹介させていただきます。

■ 人とのコミュニケーション：意思の伝達

この地球上には話の途中で割り込む人、他人の話を聞かない人、思い込みの激しい人、勝手に結論を出してしまう人など色々います。このような人とのコミュニケーションは中途半端になってしまいます。不完全なコミュニケーションです。しかしコミュニケーションが無い方がよい場合も稀です。ある日私は超遠心機をオーバーナイトでセットし帰宅しました。その夜不幸にも超遠心機に事故が起き、数百万円もする超遠心機が跡形もなく壊れてしまいました。目撃した友人は連絡したところで私が寝不足になるだけだと考え、次の日の朝私が出勤するまで知らせませんでした。この気配りが非言語のコミュニケーションです。友人の気配りに今も感謝しています。

学生時代に解剖学実習でネズミの肝臓を摘出する実験があり、先生に「一応摘出しましょう」と言われ胃と腸を摘出した学生がいました。きっと「胃腸を摘出しましょう」と聞こえたと思います。私にも苦い経験があります。研究に必要なネズミを8匹業者に電話で注文しました。私は「ハッピー下さい」

と言い、業者は確認のために「ハッピーキですね」と言いました。業者は私の言葉が「ハッピーキ下さい」と聞こえ、私は業者の言葉が「ハッピーキですね」と聞こえました。これは大変です。ネズミが100匹来てしまいました。一度外気に触れたネズミを持ち帰ることは業者にはできないこと、さらに困ったことにそのネズミは特殊なネズミで当時の値段で1匹2,500円します。単なる聞き間違いのために全部で2万円の出費が突然25万円になってしまいました。「ハチヒキ下さい」と言えばよかったと今では思いますが「後悔先に立たず」です。しかしこの後奇跡が起きました。この100匹のネズミの肝臓から何と目的酵素を純化することができたのです。世界初の快挙です。この酵素、オルニチン脱炭酸酵素は非常に微量しか肝臓に存在せず、世界の多くの研究者は純化は不可能と言っていた酵素を純化することができたのです。

随分昔ですが「50回目のファーストキス」という私の好きな米国映画がありました。美しいハワイの風景が出てきます。主人公の女性は記憶障害という脳の病気で一日経つと記憶が消失します。短期記憶の障害です。朝彼女のそばに居るボーイフレンドを認識できず悲鳴をあげます。彼女にとって毎日が初対面です。毎日が同じことの繰り返しです。この二人のように幾度も繰り返せばコミュニケーション不足は無くなると思いますが前日の記憶が消えては困ります。

異文化コミュニケーションという言葉をよく耳にします。多民族国家である米国で生まれた言葉です。多くの日本人が外国旅行をするようになり、多くの外国人が日本を訪れるようになって広まった言葉だと思います。多くなった国際結婚もこの言葉が一般的に使われるようになった要因だと思います。異文化間のコミュニケーションがどれ程難しいか一例を紹介します。私の知人が外国から学びに来た学生に友人の部屋を貸し、好きなように使ってくださいと伝えました。この留学生は大変喜んで好きなように部屋を変えました。二度と元に戻らないほど変えてしまいました。この後どうなったと思いますか、大変なことになってしまいました。私には両者の気持ちが良く分ります。

以前ノルウェーのベルゲンに行きました。夕日の美しい港町です。夕方になると多くの市民がワイングラスを持って海辺に集まります。私も夕日を見るための準備をしていました。その時、突然大男が私の部屋に入ってきました。何の前触れもなく、まさに乱入です。私はノルウェー語をまったく理解できません。心臓の鼓動が少し速くなっているのに気付きつつ彼の話に耳を傾けました。もちろん確信はないのですが、彼は遠洋漁船の船員で日本に行ったことがあるということでした。彼にとっては懐かしい日本人と多くを語りたかったと思います。もしも私がノルウェー語を話すことができたなら彼はどんなに楽しかったかと思いました。次回のノルウェー旅行では少しは会話の準備をして行こうと強く心に誓いました。もう一度あの海賊のようで実は心優しい大男に会って是非話したいと思います。

私はイタリアが好きでよく行きますがイタリア語は苦手です。イタリア人の目が吊り上って話せば怒っているような内容の話に、目尻が下がって話せば喜んでいるような内容の話に聞こえます。イタリア語が理解できたような錯覚に陥ります。以前イタリア北部で国際学会があり出席しました。ボローニャ大学の知人がオペラのチケットを下さり、食事付オペラだと言った気がしました。ロッシニのオペラ「タンクレディ」でした。主人公のタンクレディを女性と思ったのは私ただ1人だったと思います。すべてが素晴らしかったです。舞台の飾り、歌、演技、演奏がこの世のものとは思えないほどでした。しかし食事は出ませんでした。お腹を空かせてホテルに戻りましたがホテルのレストランは既に閉まってました。部屋の冷蔵庫に入っているのはアルコール類のみです。私の人生、アルコールで空腹を満たしたのはこのときだけです。ここボローニャの近くにヴェローナという所があります。シェイクスピアの「ロメオとジュリエット」の発祥の地です。ヴェローナでの実話をもとに作られた悲しい物語です。ロメオとジュリエットはお互いの気持ちがうまく伝わらず不幸にも両者とも死んでしまったことをご存知だと思います。

コミュニケーションは目で見、耳で聞き、口で話すのが一般的です。「見ざる・聞かざる・言わざる」ではコミュニケーションは成り立ちません。全ての情報は脳に集まります。目で見えたものは網膜から視交叉、外側膝状体を経て後頭皮質の視覚野へ刺激として入ります。外側膝状体近傍の左視覚路の切断は物質の右半分が見えなくなり、視覚野近くの経路切断は先ほどの見えない部分の一部が見えるようになります。不思議です。他人に見えて自分に見えない原因はここにあるかもしれません。

耳も不思議です。以前テレビでイントロクイズという番組がありました。音楽の出だしを聴いて曲名を当てる番組です。ご存知のように左脳は計算や言語、右脳は音楽や芸術に関与します。聴覚は交叉性です。左耳からの情報は右脳に入ります。ヘッドホーンで左耳に音楽を右耳に雑音を流した場合と逆に流した場合でどちらが正解率が高いと思いますか。音楽と異なり人の話し声や機械音のような雑音は左脳で処理されます。私はクラシック音楽を聞くために家内と東京・赤坂のサントリーホールへ時々出かけます。当然ですが演奏が始まるとヒソヒソ話や咳払いが誰一人しません。素晴らしい音楽を右脳で思う存分堪能できます。演奏中のヒソヒソ話はコンサートを台無しにします。雑音が入ると左脳優位になるからです。駅のホームでの立ち話は雑音が多く正確に聞き取れません。どうしたら良いのでしょうか。世の中には雑音の中から特別な音を拾い上げる能力を持った人がいます。それは母親です。母親はどんなに雑音があっても自分の赤ちゃんの泣き声を聞き分けます。母親からこの素晴らしい能力を学びたいですね。

言語も不思議です。見たこと聞いたことを言葉に表す時、脳の左半球側頭部のウェルニッケ領域で話す内容をまとめます。この部分の障害は内容のない話を長々とします。まくし立てるように話します。他人が話した内容どころか自分が話した内容も理解できません。私たちの周りにもこのような人を稀に見ます。とにかくよく話すがまとまりがなく、内容がほとんどない人を。でも病気でしたらかわいそうです。このウェルニッケ領域の機能にビタミン B1 を必要とすると考えられています。以前都内の大学病院で術後患者の点滴にビタミン B1 を入れ忘れたことがあり、この患者が目覚めた時どんなことを話したか興味があります。おそらく作り話の上手い人になっていたと思います。またスピーチ恐怖症は選択的セロトニン再吸収阻害剤の一種、フルボキサミン投与で改善します。コミュニケーション不足にはこの薬が有効かもしれません。

■ 身体内のコミュニケーション：情報伝達の生物学

身体内のコミュニケーションについて考えてみましょう。左脳と右脳のコミュニケーションはどうなっているのでしょうか。このコミュニケーションは左右の脳半球の間にある脳梁が仲介し、非常に多くの神経線維で構成されています。昔重症のてんかん患者に治療目的で脳梁を切断しました。左脳と右脳のコミュニケーションが断たれてしまいました。分離脳、スプリットブレインといいます。不思議なことが起きます。人の顔写真の左半分を男性、右半分を女性にしたキメラ写真を患者に見せると男性のみを認識し、女性についてのみ話します。これは左脳には言語の発話機能を、右脳には映像の処理機能があるからです。

組織と組織はホルモンを介してコミュニケーションします。その中心的役割を脳の下垂体が行なっています。下垂体には前葉、中葉、後葉があり、前葉からは色々なホルモンが分泌されます。ホルモン分泌を調節するホルモンも存在します。刺激という言葉のついたホルモンはホルモン分泌を調節するホルモンです。ちょっぴり複雑ですが、例えば下垂体前葉からは副腎皮質刺激ホルモンや甲状腺刺激ホルモンが分泌され、前者は副腎の糖質コルチコイドや電解質コルチコイドというホルモンの分泌を、後者は甲状腺のサイロキシンというホルモンの分泌を調節します。さらにこれら刺激ホルモンの分泌を調節するホルモンも存在し視床下部から分泌されます。副腎皮質刺激ホルモンの分泌はコルチコトロピン放出ホルモンが、甲状腺刺激ホルモンは甲状腺刺激ホルモン放出ホルモンが行ないます。これらホルモンの分泌はフィードバック調節と呼ばれる方法で制御しています。サイロキシンは甲状腺刺激ホルモンの産生を、糖質コルチコイドは副腎皮質刺激ホルモンの産生を抑制します。このフィードバック調節が行なわれることで組織間のコミュニケーションが成立します。一方通行だけのコミュニケーションは不完全で病気の原因になります。

副腎の機能が亢進しても低下しても大変です。機能亢進は急激な脂肪沈着を起こし、血管が切れて内出血による赤い線条痕が出現し、顔に毛が生えたり、満月顔や野牛せむしといわれるような症状が出ます。海外の山中で雪男を目撃したと報道されたことがあります。私は副腎機能が亢進した人を見ただけと思っていますが、これでは山奥で雪男を探し求めている人達のロマンを台無しにします。機能低下は

皮膚の色が黒色化します。これは副腎が充分働かないために下垂体前葉が必要以上に副腎皮質刺激ホルモンを分泌し、このホルモンが皮膚を黒色化させるホルモンにそっくりだからです。怠ればムチ打たれるのと同じです。

サイロキシンはチロシンというアミノ酸に似ておりヨウ素が4個結合しています。このヨウ素は甲状腺が正常な機能を維持するためには不可欠です。しかしヨウ素が不足しても過剰になっても問題です。海藻類の食べ過ぎもキャベツの食べ過ぎも甲状腺腫になりますが、その発症機序はまったく異なります。前者は海藻類にヨウ素が多く含まれるために過剰摂取になり、後者はキャベツに含まれるチオシアン酸塩が甲状腺へのヨウ素の取り込みを阻害するために不足状態になります。何事も程々にです。

1986年4月に旧ソ連のチェルノブイリで世界を震撼させる大きな原発事故が起き、被爆した多くの少年少女は甲状腺を摘出され大きな術後の傷跡が首に残りました。テレビでその報道を偶然見ました。悲しい出来事です。しかし世の中にはすばらしい人がいます。当時信州大学医学部助教授の医師が突然退職して旧ソ連へ行きました。被爆者達の手術をするためです。彼はずば抜けた手術の腕を持っています。甲状腺を摘出しても傷跡はほとんど残りません。多くの少年少女を救ったと思います。しかしなぜ甲状腺に障害が出るのでしょうか。放射性ヨウ素は核分裂の主要成分です。原発事故で多量に大気中へ放出された放射性ヨウ素が体内に入って甲状腺を破壊するからです。原発の必要性も理解できますがもう少し安全対策をしっかりと行なって欲しいと思います。

下垂体前葉からは直接作用するホルモンの分泌もあります。成長ホルモンとプロラクチンです。成長ホルモンは睡眠時に多く分泌され、「寝る子は育つ」は本当です。このホルモンは肝臓などからのソマトメジンというホルモンの分泌を促進しますが、軟骨へ直接作用して骨端を成長させ身長を高くする作用もあります。しかし性ホルモンが多く分泌されると骨端軟骨の成長が止まってしまいます。骨端閉鎖です。成長の終了です。骨端閉鎖前に成長ホルモンが過剰になると巨人症に、骨端閉鎖後にこれが起きると末端肥大症になります。高校時代に担任の先生が私達学生に「男らしくなったね!」「女らしくなったね!」と言われてましたが、今思えば「あなたは成長が止まりましたね」と同じことです。プロラクチンは直接乳腺に働き、その発育と乳汁産生を促進します。以前米国でこのプロラクチンで大問題が起きました。米国の畜産農家が乳牛のミルク産生を促進させるためにプロラクチンを乳牛へ投与しました。ところがこのホルモンがミルク中に混入し、多くの乳幼児がこのミルクを飲み乳房肥大やその他色々の変化が現われてしまいました。

次に細胞間のコミュニケーションについて考えてみましょう。血液中には多くの異なった細胞が存在します。赤血球、Tリンパ球、Bリンパ球、好中球、好酸球、好塩基球、マクロファージなどです。世界に蔓延しているHIVは血液細胞に感染します。このウイルスは細胞表面のCD4と呼ばれる蛋白質に親和性が高く、これを介して感染します。しかし限られた細胞にしかCD4は存在しません。それがTリンパ球です。このリンパ球はBリンパ球に抗体産生を命令します。まさに抗体産生のための司令塔です。細胞外伝達物質であるサイトカインを分泌して両細胞はコミュニケーションします。インターロイキン(IL)、インターフェロン(IFN)、腫瘍壊死因子(TNF)などがサイトカインに含まれます。HIVを直接攻撃するのは抗体ですが、このウイルスの感染でTリンパ球が死滅するとBリンパ球は抗体を作れません。Tリンパ球とBリンパ球のコミュニケーションが無くなります。その結果HIVは抗体攻撃を受けず自由気ままに増殖します。他のウイルスや細菌なども勝手気ままに増殖します。司令塔が破壊された身体はもはや微生物のための培養器となり、感染力の弱いウイルスも細菌も限りなく増殖します。

私は30年ほど前に米国ペンシルベニア州立大学メディカルセンターのペッグ教授のラボへ留学しました。彼は英国ケンブリッジ大学を卒業した、ものすごく頭の良い人です。剃刀のように頭がきれいです。その彼に仕事を失敗した私は滝のごとく怒りの言葉を浴びました。ものすごい速さの英語でした。それほど英語の得意でない私は意味が分らず平気です。ある日、彼はこのことに気付く、怒りながらその言葉を紙に書き始めました。ついにコミュニケーションが成立してしまいました。このボスが国際学会出席のためにフランスに出かけ、残った我々でパーティーをボスの部屋でしたことがあります。「鬼の居ぬまに洗濯」です。大いに盛り上がりました。司令塔がなくなると人も細胞も同じです。ふと外を見るとボスがこちらに向かっています。学会を早めに切り上げ帰ってきました。

微生物を撃退するのは抗体だけではありません。好中球とマクロファージは微生物を貪食して駆除します。そのための運動機能を備えています。ターゲットを捕獲するためにあちこちへ走ります。仲間を呼び寄せるためのコミュニケーションも行ないます。マクロファージとは大食いという意味です。好中球は大食いというよりは美食家です。微生物をそのまま食べるよりも抗体が結合した微生物を特に好んで食べます。専門用語でオプソニン効果といいます。子供がふりかけご飯を好んで沢山食べるのと同じです。しかし食べた後すぐに死んでしまいます。自爆です。怪我の治癒段階で膿が出ますがこれは自爆した好中球の死骸です。身体を守るために自らが犠牲になっています。なんともいじらしい細胞です。勇敢な細胞もあります。好酸球です。寄生虫のような巨大侵入者を攻撃します。好酸球が米粒サイズなら寄生虫は大型ダンプカーの大きさです。まさに蟻が巨象を倒すとはこのことです。

ウイルスと細菌がお互い助け合う場合があります。両者がどのようなコミュニケーションをしているのかわかりません。その一例が今話題のインフルエンザウイルスです。毎日のようにテレビで報道しています。H1N1という言葉がよく出てきますがHはHA、NはNAというウイルス蛋白質のことです。このウイルスが細胞内に入るときにHAが、細胞から出るときにNAが重要な働きをします。インフルエンザウイルスは切り込み隊長です。先に侵入して気道粘膜細胞を破壊します。その結果細菌は大手を振って侵入します。肺炎球菌やブドウ球菌などがその代表です。これらの菌は身体の奥深く侵入して肺炎を起こします。インフルエンザウイルスが単独行動を起こして原発性ウイルス性肺炎になることが稀にあります。これはウイルス自身が直接身体の奥深くへ侵入したため主にハイリスクの人が発症します。この肺炎は急性呼吸不全を起こして低酸素症になり重篤です。

身体はどのようにしてインフルエンザウイルスを撃退しているのでしょうか。多くの人は予防としてインフルエンザワクチンを接種します。死んだウイルスの一部を取り出し接種します。不活化成分ワクチンと呼ばれウイルスのHA蛋白質を主に含んでいます。このワクチン接種で産生された血中抗体はインフルエンザウイルスを撃退します。しかし抗体には血中だけでなく分泌される抗体もあります。この分泌抗体は食物中の微生物を撃退するためには大いに有効ですがインフルエンザウイルスも撃退します。6年前に米国でインフルエンザの生ワクチンが認可されました。鼻腔へスプレー式で生ワクチンを噴霧するとインフルエンザウイルスに対する分泌抗体が沢山産生されます。非常に有効なワクチンですが日本ではまだ認可されていません。しかし既に感染して症状が出たときには薬を使用します。一般的に広く知られている薬剤は先ほどのNAの働きを阻害するタミフルです。この薬は鳥もちの様な働きをします。ゴキブリホイホイと同じです。いったん尻もちをついたら二度と立ち上がりません。死ぬまでそのままです。新生インフルエンザウイルスは動けず他の細胞に感染できません。さらに運良く尻もちをつかず出てきたウイルスもタミフルが存在すると連鎖状になってしまいます。ウイルス同士が十数個結合してしまうのです。まさに金魚の糞です。これでは次なる細胞に感染できません。自由に動けないからです。しかし稀ですがタミフル投与で異常行動を起こすことがあります。距離感が無くなったり動いているものが止まって見えます。この薬の投与後、走行中のダンプカーの前に飛び込んだ高校生がいました。4階のベランダから降りようとして怪我をした女性もいました。

先程の抗体の話に戻しましょう。抗体が勘違いして身体を攻撃することがあります。自己免疫疾患です。血糖を調節するのはインスリンというホルモンですがインスリンは膵臓のランゲルハンス島の β 細胞から分泌され、この β 細胞を攻撃する抗体が産生されると若年型糖尿病という病気になります。身体を守るべき抗体が攻撃するとは大変な勘違いです。人の世界でも勘違いはあります。私もよく勘違いします。昔知人の長電話を注意したところ振り向いたらまったくの別人でした。避けることの出来ない勘違いもあります。レンサ球菌に感染して産生された抗体は心臓を攻撃します。レンサ球菌の菌体成分が心筋に似ているためです。これとは対照的に抗原の勘違いで病気になることがあります。その一例としてバセドウ病を紹介します。米英国ではグレイブス病と呼んでいますが眼球が突出します。この病気を患うと甲状腺刺激ホルモンの受容体に対する抗体ができます。ところがこの抗体は受容体に結合しますが破壊しません。その結果抗原である受容体はホルモンが結合したと勘違いし、これが原因で発症します。甲状腺刺激ホルモンが受容体に結合したまま離れず、シグナルが入ったままの状態と同じことです。眼球内筋肉に対する抗体も産生され、これが結合したために眼球が突出するといわれています。ところ

が妊婦の場合、この病気を患っても症状が改善されます。母体は妊娠時に抗体が胎児を攻撃しないよう抗体産生を控え目にするからです。身体の内にも子を想う母は存在します。

細胞内には分子とオルガネラのコミュニケーションがあります。オルガネラとは細胞内小器官のことです。遺伝情報を司る核やエネルギー産生を行なうミトコンドリアなどがこれに該当します。小胞体もあります。蛋白質合成の場を提供したり、蛋白質の折りたたみを行なうのが小胞体です。数十個から数百個のアミノ酸で構成された蛋白質のたった1個のアミノ酸が置換しただけで正常な折りたたみができなくなります。このような欠陥蛋白質はプロテアソームと呼ばれる分解工場へ運ばれ、もとのアミノ酸にまで分解されます。このような役割から小胞体は品質管理の場とも言われています。たった1個のアミノ酸が別のアミノ酸に代わるだけでまったく別の物になる代表的な病気があります。鎌状赤血球貧血です。赤血球内には酸素を運ぶためのヘモグロビンがあり、4個のグロビンと呼ばれる蛋白質の集合体です。 α グロビン2個と β グロビン2個から成ります。 β グロビンは146個のアミノ酸でできていますが、N末端から6番目のグルタミン酸がバリンに代わっただけで赤血球は正常な球状構造をとれず鎌状構造になります。赤血球が鎌状構造をとると溶血しやすく貧血になります。鎌状構造をとった赤血球の唯一の長所はマラリヤにかかりにくいぐらいです。いずれにしても146個もあるのに1個ぐらい代わっても良いのではという妥協は許されません。

次なるは分子間コミュニケーションです。初めてのことはスムーズにいきません。二度三度となると意外と速やかに進むものです。これと似たようなことが血液中で起きています。先ほどのヘモグロビンです。酸素の運搬を行ないますが酸素以上に一酸化炭素を好むのが難点です。これが一酸化炭素中毒です。人の愛の重さを数量化することは簡単ではありませんがサイエンスの世界では容易です。この蛋白質は酸素よりも一酸化炭素を250倍も好みます。これでは酸素は太刀打ちできません。このヘモグロビンは1分子あたり4分子の酸素と結合しますが、最初の1分子の酸素が結合すると次からの酸素の結合はよりしやすくなります。ヘムを介して酸素の結合した1個目のグロビン蛋白質が残る3個のグロビン蛋白質に情報を伝えその構造が変化するからです。これを専門用語でアロステリック効果と呼んでいます。4個の蛋白質間でコミュニケーションを行なうことで可能となります。尿の成分である尿素は肝臓のアルギナーゼという酵素の働きで作られます。この酵素も4個の蛋白質の集合体ですが、それぞれ単独では何も出来ません。マンガンという微量元素が介在して初めて尿素を作ることができます。コミュニケーションの橋渡し役です。

分子内コミュニケーションもあります。アレルギーに関与するヒスタミンを合成するヒツチジン脱炭酸酵素と蛋白質・核酸合成に必要なポリアミンを合成するアデノシルメチオニン脱炭酸酵素です。これらの酵素は前駆体として合成され、余分な部分はプロセシングで除去されます。このプロセシングはなんと前駆体自身が行います。トカゲが自分の尻尾を噛み切るのと同じです。さらに驚くべきことに前駆体分子内のアミノ酸1個を補酵素に変えてしまいます。自給自足の世界です。おそらく前駆体分子内での部分を切断し、どのアミノ酸を補酵素にすべきか正確な情報が分子内コミュニケーションで行なわれていると思います。

これでミクロとマクロのコミュニケーションの大切さを理解していただけたと思います。

「ティータイム」

ゴキブリホイホイ：Cockroach hotel, they check in but they never check out.