

現代的生活スタイルによる生得的道德性の浸潤とその方略

—— 道德教育における炎症反応メカニズムの擬人化教材作成の意義 ——

鎌水 浩¹⁾

The Infiltration of Innate Morality by Modern Lifestyle and its Strategies:

The Significance of Personification of Inflammatory Response Mechanism in Moral Education

Hiroshi Yarimizu

Abstract

The purpose of this paper is to point out the possibility that chronic inflammatory reactions caused by modern lifestyles can infiltrate our innate morality by promoting dysfunctional immune activity in the brain, and then to show how food and exercise can be used in moral education as a strategy to prevent this. One of the causes of inflammatory reactions is a diet based on carbohydrates and animal fats and lack of exercise. Recent research has shown that this inflammatory response also occurs in the brain, where microglia, immune cells in the brain, become dysfunctional, leading to the development of ASD, depression, and developmental disorder-like symptoms. These conditions also infiltrate innate moral functioning. The solution to this problem is to improve diet and physical inactivity, but this is difficult to achieve. Therefore, in order to make the mechanism of the erosion of mental and physical health easier to understand in moral education, this study creates and utilizes teaching materials that personify the microorganisms inside the human body and the cells that make up the human body itself.

Key words: modern lifestyle, inflammatory response, microglia, moral education, anthropomorphic teaching materials

キーワード：現代的生活スタイル，炎症反応，ミクログリア，道德教育，擬人化教材

1. はじめに

本研究では現代的な生活スタイルによる慢性的な炎症反応が、脳内免疫活動の機能不全を促すことによって、人間の生得的な道德性を浸潤する可能性を指摘した上で、それを防ぐ方略としての食と運動のあり方を道德教育の一環として取り上げる。

炎症は人体内において細菌やウイルス等の異物

や死んだ自らの細胞を排除する生体防御反応であり、生命活動の恒常性を保つ上で極めて重要な反応である。だがこの炎症反応が自身の正常な細胞に対するものとして発症するようになると、自己免疫疾患やアレルギーという形で自らが多くの苦痛を蒙ることになる。近年においては花粉症や食物アレルギー、また潰瘍性大腸炎等、多くの人々はその症状を訴えたり、日常生活に深刻な影響を及ぼしたりする疾患として広く認められるように

1) 育英大学教育学部教育学科児童教育専攻

なっている。この原因の主要なもの1つとして指摘されているのが糖質や動物性脂肪を中心とした食餌内容¹と運動不足に代表される現代的な生活スタイルである。糖質と動物性脂肪の過剰摂取は脂肪細胞の肥大化をもたらし、また腸内細菌叢²のバランスを崩すことによって炎症物質を全身に分泌させ慢性的な炎症状態を招くことになる。さらに椅子に座りがちな現代の生活習慣は、必然的に運動不足に陥りそれらの状態をさらに悪化させてしまう。

近年の研究によれば、同様の炎症反応は脳内でも発生しており、脳内における免疫細胞であるミクログリアが機能不全に陥ることによって神経細胞やそのネットワークに悪影響を及ぼし ASD やうつ病、さらに発達障害様の症状を発症させることが明らかになっている（和氣他，2017）。当然ながら、こうした状態では道徳性を基盤に相手の立場を斟酌し思いやりを持つことによって成立する、良好なコミュニケーションを確立していくのは困難になる。つまり慢性的な全身の炎症反応は、我々人間に標準装備されている生得的な道徳性の機能に対しても浸潤することになるのである。これらの道徳性への影響も含めた心身の健康についての問題は、現状において解決しなければならない喫緊の課題となっているといえるだろう。無論、解決していくには食餌内容の改善と運動不足の解消が求められ、それを実行すれば確実に効果は上がるはずである。だが実際にはそのことは難しく、国民的な栄養的な偏りや運動不足は深刻さを増している³。

そこで本研究では道徳教育において、現代的な生活スタイルによって心身の健康が蝕まれていくメカニズムを、より分かりやすく理解させるために腸内細菌や脂肪細胞、ミクログリアといった人体内部の微生物や人体そのものを構成している細胞を擬人化した教材を作成し活用する手法の意義を示していく。これらの学習内容は家庭科また保健体育科の範囲となるものではあるが、敢えて道

徳教育として取り上げるのは、道徳性の基盤となるのは共生という生命また生物学的な実態であると考えられるからである。したがってストーリーも相補的な共生関係を主軸としたものとする。この手法の対象は小学校中学年を想定しているが、学年が上がった段階でそのストーリーを裏付ける知識を理解させていく形をとる。

2. 先行研究と本研究の位置づけ

炎症反応及びそれによる心身への健康への悪影響についての知見は当然ながら医学系分野において数多く出されている。だが炎症反応に着目した上で生活習慣の改善を学校教育の場において働きかけるといった主旨の研究は、道徳科、家庭科、体育科及び保健体育科分野を含め現状では見当たらない。炎症反応という観点ではなく生活習慣病や疾病全般の予防や改善、対応に関する研究はいくつか挙げられる。

佐藤と西谷（2006）は、家庭科教育分野において偏った栄養摂取や肥満傾向の増加、生活習慣病の若年化といった近年の問題傾向に対応する家庭科の役割と課題について論及している。現行学習指導要領における家庭科の食物学習は、「食事の意義」を習得させることを目的として、「栄養的意義」を具体化した「食物と栄養」、「食事の仕方」、「食事の支度と後片づけ」、「社会的な意義」を具体化した「食事の仕方」に関する知識で構成されている。しかし実際には社会的な風潮や多様な情報の氾濫から「食物と栄養」に関する知識の相対的な不足が見られ、先の問題に対する有効な手立てとはなっていない。また保健体育科教育分野において山本（2015）は、中学校現場において健康の保持増進についての生徒の意識を高めるために、自己の意思決定の過程に特化した授業プランを提案している。これによると学習指導要領における保健体育科の目標として「生涯にわたって運動に親しむ資質や能力の育成」が挙げられてお

り、体育分野のみならず保健分野の充実も求められている。しかし授業時数は昭和33年度版学習指導要領では3学年間70単位時間であったのが現行では48単位時間程度にまで低減しているのが実態である。この状況において山本は、現行の保健授業では健康や運動についての学習内容が社会に出てからも必要であるという意識を高めることが難しい現実を指摘している。いずれの研究においても、我々が生活をしていく上で食物と栄養及び継続的な運動についての知識と実践の重要性は、学習指導要領に明確に位置づけられているにもかかわらず、授業においては時数の不足から十分な成果を上げることができていないことを指摘している。

一方、道徳教育分野⁴では規則正しい生活という括りの中の食育の一環として食事に関する内容が解説的に取り上げられているが、運動に関しての直接の記載は皆無といってよい。そのため授業研究においても炎症はもちろん生活習慣病関連についてのものは見当たらないのが実際である。その中でも大見ら(2022)は、小学校5年生を対象にがん(白血病)に侵された子どもが学校に復学するまでを描いた絵本を用いた道徳授業の実践的研究について報告をしている。白血病の子どもが主人公であるので、当然その病気の知識を与えなければ児童たちは考察をすることはできない。結果としては授業を受けた児童たちは病気の内容を理解した上で、主人公の病気に対するがんばりやそれを支える仲間の大切さ、また主人公への具体的な接し方等についての意見や感想が出され成果が見られたとのことである。食餌内容や運動不足による病気ではないものの、専門的な医学知識も必要となる内容を道徳科の授業で行えることを示したという点では画期的といえるだろう。

以上のことから考えると、人間が病気にならずに心身ともに健康に生きていくことが何よりも大切であり、そしてそれを確かなものにする上で必須の正しい食餌内容や運動についての知識を効果

的に児童生徒に理解させていくことが重要となるといえる。そこで本研究ではこれらの内容を道徳教育において取り上げていくことの有効性を示していく。人間の道徳性は後述するように、基本は他者のことを心情としても理論としても我がこととしてとらえることである。一見、食餌や運動は自分自身のことであり他者の存在が根幹となる道徳性とは関連がないように思われる。だがこれも後段で詳述するが、炎症反応のメカニズムを見た場合、その反応の当事者となるのは腸内細菌であったり、脂肪細胞や脳内グリア細胞であったりする。これらの存在というのは実は主観意識の下にある、統合された自己自身そのものであるといえるわけではない。例えば腸内細菌は人間と共生関係を築いている完全なる他者である。また人体の各細胞についても真核細胞自体がもともとは他者となる細胞を取り込んで共生関係を築いたことによって生存してきたものであり、それぞれが役割を分担して宿主となる本人の意思や意識とは独立して活動をしているのである。広く見れば、この他者との共生という意識の不足によって、現在多くの道徳的な問題が噴出しているといえるだろう。その意味で道徳科授業において自身の身体的内面に目を向ける視点というのは、他者との関係を理解することが基盤の道徳性を養う上での大きな柱の一つとなり得るものなのである⁵。

現在道徳教育では、たとえばSNSやAI等、今日的な社会的問題に対して対応が追い付かず、右往左往している状態といっても過言ではない。児童生徒の道徳性育成を図る場合、具体的なある事象を通した学習過程をとることになる。そうでなければ徳目を並べただけの理念的なものになってしまうだろう。だが現実社会に数多くある事象のうち、具体的にどれを取り上げればよいのか。この問題において行き詰まりを見せているといえる⁶。本研究はこうした道徳教育の現状に間違いなく一石を投じるものとなるだろう。

3. 現代生活スタイルの脳への影響

(1) 現代的な生活スタイルの陥穽

現代社会では価格等の問題はあるにしても基本的に豊富な食料に囲まれており、またどこかに移動するにしても利用できる交通手段は数多く存在する。人間はかつての時代に比べれば、飢えにも苦しまず体力も使わないで楽に生活することができるようになった。だがその楽な生活には深刻な陥穽が潜んでいたということになる。

我々が現在食しているものの大半は食物繊維を取り除いた精製デンプンと砂糖を中心とした糖質及び肉類やラード、乳脂肪といった動物性脂肪によって成り立っているといってもよいだろう。そして多くの場合、摂取するエネルギーに対して消費するエネルギーは過少であり、余剰分は脂肪として体内に蓄えられる。この現代においては、さほどありがたみを感じられないシステムが我々の生理機能として身についたのは、かつての我々祖先の食に関する事情による。

狩猟採集生活をしていた頃の我々の祖先の生活というのは、日々食料を手に入れる活動が全てであった。それでも心身を維持するのに必要なエネルギー量を確保するのは容易なことではなく、それに届かず半ば飢餓状態となっているのが当たり前であった。そうした中で、たまに首尾よく得られた獲物⁷はキャンプのメンバーを感激させ歓呼で迎えられたことは想像に難くない⁸。だが、その獲物が大型であればあるほど、歓呼の声の大きさは裏腹に問題も生じることになる。今と違って保存がきかず、また他の捕食者に横取りされないようにするため、いくら満腹になろうが何とんでもその場で食べ尽くさなければならなかったのである。このため一時的に摂取エネルギーは大幅過剰となる。これをどうするかとなった場合、これからまた続くであろう飢餓を少しでも和らげるためにすみやかに体内に貯蔵できるようになれば非常に好都合であろう。そして実際にその能力

を進化させた者だけが生き残り、子孫を残すことができたのである。

だが翻って現在においては、その画期的な能力を現代で生かす機会はめったになくなってしまった。逆にそのことが心身を傷害するというパラドックスに陥っているのである。食料生産技術の発達により食料事情に余裕が生まれるようになったというのは、せいぜいこの百数十年ほどである。そしてまた様々な乗り物の発明によって交通機関が発達したのもやはりここ百数十年程度である。進化的にはこの急激な社会環境の変化に対して、我々は心身ともに全く追い付くことができていないのである。

(2) 脂肪細胞とマイクログリア

糖質や動物性脂肪摂取時の栄養過剰分は中性脂肪として脂肪細胞に蓄えられるが、近年の研究では脂肪細胞は単なるエネルギー貯蔵庫としてだけではなく、アディポサイトカインと総称される生理活性物質を分泌することが分かっている。脂肪細胞が通常のサイズであればこのアディポサイトカインは善玉である抗炎症性因子のアディポネクチンと悪玉である炎症誘発性因子のレプチンや遊離脂肪酸などをバランスのとれた状態で分泌するので健康面で悪影響が出ることはない。

しかし過剰栄養によって脂肪細胞が肥大化するとこのバランスが崩れ、悪玉のアディポサイトカインが多く産生されるようになる。また肥大化した脂肪細胞が脂肪組織として集団化するとMCP-1というタンパク質が産生される。するとこれを合図として白血球の一種である免疫細胞のマクロファージが脂肪組織に集結し、一層炎症物質を活性化させる。さらには、その炎症反応によって創傷が治るときに癒痕組織化することと同じように脂肪細胞自体が線維化することによって柔軟性を失い、脂肪を貯めることができなくなる。こうなると行き場を失った脂肪は本来の脂肪組織ではない脾臓や心臓などの非脂肪組織にいわゆる異所

性脂肪として蓄積することになる。これらの活動によって様々な炎症物質は全身を駆けめぐり、動脈硬化や糖尿病などの深刻な症状が、さらには慢性的な炎症反応は免疫活動を活性化させアレルギーや多発性硬化症、クローン病などの自己免疫疾患があらわれるようになるのである。

一方、脂肪組織が肥大化していくということは細胞への栄養供給確保のため、それに伴う血管の新生が必要となる。そこで脂肪組織からは VEGF という血管内皮細胞増殖因子が全身に分泌される。ところがこの VEGF のレベルの増加は、脳内では血液と脳とを隔てている血液脳関門に変化を与える。血液脳関門は血管内皮細胞が接着することによって血液からのたんぱく質や分子が侵入してくるのを防いでいるのだが、VEGF が増えるところのタイトジャンクションと呼ばれる接着結合の構造を崩してしまうのである (Matsuno et al, 2022)。こうなると脳内には脂肪組織から分泌された炎症物質を含めた異物が侵入することになり、脳内のグリア細胞のうちの 1 つであり免疫機能を司っているミクログリアが活性化するとともに、脳内においても独自に炎症性のサイトカインを産生し、さらに炎症反応が亢進することになる。上述したように近年の研究では、うつ病や ASD、また発達障害様の症状についてもミクログリアの機能不全が原因であるということが明らかになっている⁹。ミクログリアは通常は脳内の異常をきたしたニューロン細胞を除去したり、あるいは修復したりするのだが、過活性化すると健康なニューロン細胞やそこから伸びる軸索を保護しているミエリン鞘を攻撃する。

さらに重要なのは、ミクログリアの異常は社会的要素も要因となっているということである。Neigh ら (2009) の実験では、孤独や対個人関係の行き詰まり等、社会的ストレスの亢進によって不安様行動が見られたマウスにはミクログリアの活性化が見られた。実際 Matsuno ら (2022) の実験においても、マウスをストレス状態にさせる

ことで血液中と脳内で VEGF が増えることを報告している。

今日的な生活スタイルというのは、対面による接触は忌避され SNS での対人関係が主流になりつつある。だがそれは決して良好ではなく強いストレス圧力がかかるものとなっている。そしてその反動から人々は個人で楽しめるスマホやゲームに没入し、食餌はその合間の口当たりのよいジャンクフードが中心となり、さほど体を動かすこともない、といった状態にのめり込むようになる。このような生活では脂肪組織は肥大化し却って社会的ストレスは増していく。その結果、身体そして脳内での炎症反応はますます亢進していくのである。特にこの傾向が幼少期から見られるようになると極めて深刻な事態となる。安藤と小山 (2021) は ASD の発症要因として発達期におけるミクログリアのシナプス除去の不全を指摘している。出生後発達期の脳内ではあらゆる環境に適応できるよう、いったんは過剰なシナプスが形成される。その後その場での生活環境に合わせ十分に適応するために余分なシナプスはミクログリアによって除去される¹⁰。これがなされないと成長していく中で、脳としての機能を十分に果たせず認知や思考に障害が出ることになるのである。

だがここで 1 つの疑問が生じる。現代的な生活で体を動かすことがあまりないのであれば、当然身体的な機能も使わないわけであるから消費エネルギーも少なくなる。そうであるなら炎症反応も低下するのでないかということである。だが残念ながら現実にはそうとはならない。人間のエネルギー消費量というのは、運動の大小にかかわらずほぼ一定であることがいくつかの民族による調査で明らかになっている (ポンツァー, 2022)。そして栄養不足状態の時、マウスの場合では心臓、腎臓、肝臓、脾臓のサイズを縮小させるが、脳と精巣のサイズは維持される (Mitchell et al, 2015)。これに対して人間の場合、身体的成長よりも免疫機能を優先する (Pontzer, 2018)。したがって消

費エネルギーが過小な場合、結果的には免疫機能が強化されることになるのである。

このように一見便利で気楽な生活が可能となっている現代社会では、それとは正反対にミクログリアの機能異常に示されるように精神疾患様の症状が多く見られるようになり、かつては空腹状態に耐えながらも人々が協力し合って様々な課題を克服してきたような幸福感は得ることが難しくなっている。この状態というのは我々が生得的に身につけているはずの道徳性をも浸潤していることになる。実際日々報道されている事案の多くはそれを端的に示しているといえるだろう。

(3) 腸内細菌との関連

腸脳相関と言われるように腸と脳は迷走神経によって強固に結ばれており、腸の状態は様々な脳に影響を及ぼす。このことについては、我々は「腹の虫が治まらない」といったように昔から経験的に理解していた。ここ現代に至って、この強い関連性を示す研究成果が次々と明らかになっている。

例えば脳内での神経細胞の情報のやりとりをする際の神経伝達物質の1つに「幸せホルモン」とも呼ばれるセロトニンがあるが、これはもともとは腸の蠕動運動にかかわるもので人間体内の95%は腸内に存在し、脳にあるのは2%のみである。このセロトニンは腸内細菌5菌種がつくるフェネチルアミンという物質によってその産生が促進される (Sugiyama et al, 2022)。腸でつくられたセロトニン自体は血液脳関門を通過できないものの、腸内でのその濃度が情報として迷走神経を通じて脳へ送られており、脳内でのセロトニン合成に影響していると考えられる。また腸内細菌の悪影響としては *Erysipelotrichaceae* 科の菌がT細胞の病原性を高めることによって脳や脊髄のミエリン鞘を攻撃し、多発性硬化症を引き起こすことが報告されている (宮内, 2020)。

このようにいわゆる善玉菌が主要となるような

バランスの良い腸内細菌叢は先述のセロトニンや腸内を弱酸性に保ち病原性の細菌や菌類を常在させない働きをする酪酸やプロピオン酸などの短鎖脂肪酸を産生し、また腸管上皮細胞やそれをカバーする内粘膜層を保護している。つまり人間と共生関係にあるとあってよい働きをしているのである。しかしいわゆる悪玉菌が増殖すると腸内環境は悪化し心身に傷害を与えることになる。バランスの良い腸内環境を保つためには野菜類を多く摂ることが有効なのだが、現代的な食生活では栄養価のことなどものついでといった扱いで、ともかく甘く食感の良いものばかりがもてはやされる。この糖質は腸内細菌のうちウェルシュ菌や病原性大腸菌等の悪玉菌やバクテロイデス属やカンジダ菌等の日和見菌¹¹の好物であり、より多くの糖質摂取はそれらの勢力を拡大させる。現代的な食生活となる以前は米飯中心でありその分糖質も多く接種していたということになる。だが以前の生活と現在とでは特に子ども若者層において日々の運動量の差は歴然としている。かつては戸外で仲間と活発に動き回るのが当たり前であり、家の中で小さな機器を相手に座ったり寝転んだりしたまま長時間過ごすなどということは考えられないことであった。当然糖質はエネルギーとして順調に消費されていたのである。

一方で、プレバイオティクスである野菜や果物、海藻類は敬遠されその摂取量は以前と比べ減少している¹²。結果としてとしての食物繊維が餌となっている乳酸菌やビフィズス菌等の善玉菌も減少することになり、腸内細菌叢のバランスが崩れるディスバイオシスの状態に陥ることになる。悪玉菌はタンパク質を腐敗させることによって毒性のアンモニアやアミン、硫化水素などの有害物質を産生する。腸内では当然免疫反応が起こるが、このことは迷走神経を通じて脳へも影響を及ぼし結果的にミクログリアの活性化へとつながることになるのである。

4. 脳への悪影響に対する方略

(1) 食生活の改善

糖質や動物性脂肪の過剰摂取が脂肪組織の肥大を生み腸内細菌叢のバランスを崩すのであれば、当然それを控えて望ましい食習慣を身につけることが重要となる。だが現代的な消費者の嗜好に対応する食品事情からすると、それは容易なことではない。実際 ASD や発達障がいの子を診察している医師らは、一様にそれらの児童達の特徴として、まず偏食を次いで肥満を挙げている¹³。

多くの子どもにとって、ひとたび精製デンプンや砂糖、乳脂肪等によって作られている甘美なスイーツの味を知ってしまえば、食物繊維豊富な野菜類、また EPA や DHA、オメガ3 脂肪酸¹⁴が含まれている青魚などには見向きもしなくなるだろう。仮にスイーツとは無関係な食生活を送っているとしても現在スーパーで売られている様々な加工食品には、原材料としてスイーツ類とほぼ同様のものが使われており、結果としてそれらを摂取しているのと大して変わらなくなってしまう。したがって身体そして脳の健康を本気で考えるのであれば、かなり徹底した食生活の改善が必要となる。

ここで注目すべき事例として挙げられるのは寺院での修行僧の食生活である。例えば神奈川県にあり 700 年の伝統を持つ曹洞宗大本山總持寺には、20 歳前後の若い僧侶たち、60 人ほどが日々修業に励んでいる。これら修業生活を送る若い僧侶たちに、アレルギーが改善したという報告が続出しているのである¹⁵。寺院での食事は植物性の食材のみを称した精進料理であり、毎食豊富な食物繊維を摂り、毎日一定の運動量が求められるきつい雑巾がけや規則正しい生活を送るうちに腸内細菌叢のバランスは改善し余計な白色脂肪細胞も燃焼しつつしたということなのだろう。

なお食物繊維には水溶性のものと不溶性のものがあり一般的には善玉菌の餌となるのは水溶性

であり、不溶性は腸の蠕動運動を促進し便のかさを増やす程度の役割であるといわれることが多い。だが近年の研究では不溶性食物繊維によって体積が増加した消化管中の消化物は、小腸及び大腸の粘液量を増加させることが報告されている（田邊他、2019）。腸の粘液は摂取された食料、つまり異物について直接接触し有害なものを体内に取り込まないようにする重要な免疫活動を担っている。これが減少すると腸管上皮細胞が露呈し細胞同士のタイトジャンクションが緩んでその隙間から腸管の外に食物も漏れ出す。これを免疫細胞が攻撃することによって食物アレルギーが発症するのである。これに伴い過剰に活性化した免疫活動は様々な他のアレルギーや自己免疫疾患、さらには脳内ミクログリアの機能異常を引き起こすことになる。不溶性食物繊維はごぼうやブロッコリー、豆類等に豊富に含まれており、積極的に食事メニューに取り入れるべきだろう¹⁶。

プレバイオティクス、食物繊維の積極的摂取は必ずしも心地良いものではないかもしれないが、表面的な経済的利得を優先するための現代人の嗜好に合わせた食品の喧伝は控え、これからの時代はここまで述べたような実態を踏まえ、健康面に基づいた食品や食餌内容を宣揚していくことが必要であろう。

(2) 運動の励行

健康のためには運動、エクササイズが有効であるというのは世の全ての人が承知しているといっ
てよい。だが実際には常にスマホを片手に持ち器用に操作し、そこに映し出される多くの情報に見入る楽しみを犠牲にして、決して楽とは言えない運動に精進することに対しては、かなりの決断が必要である。結局、運動するという行動案はそれによる効用が大きいにもかかわらず即刻却下されてしまうのが普通である。したがって体だけでなく脳にも好影響を与える運動を励行していくためには、具体的に運動がどのように作用していくか

というメカニズムを知ることが1つの重要な方略となるだろう。

運動することによって脂肪細胞に蓄えられている中性脂肪がそのエネルギーとして消費されるというのは誰も持っているイメージであり、そのためいわゆるダイエットを目的に手軽に取り組めるウォーキングが広く励行されているのは当然の成り行きだろう。ただし実際にはその効果というのは期待に反してほとんどないといってよい。具体的には例えば体重69キログラムの人が500グラムほどの体重を落とすには、最低でも80キロメートル程度は歩かなければならない(デシルヴァ, 2022)。もちろんアスリートなみの激しい運動を毎日こなせば十分な効果は得られるが、一般人の人にとっては現実的ではない。

そのことよりも運動による実利的効用は次のようなことが挙げられる。上述したように脂肪細胞からは血管内皮細胞増殖因子であるVEGFが分泌されているが、実はこの因子としてもう1つbFGFも分泌されている。VEGFが脂肪組織が肥大するとより多く分泌され脂肪組織のための血管新生を促進しているのに対し、このbFGFは運動することによって多く分泌され筋肉内の血管新生を促し、動脈硬化を防ぐ効果の可能性がある(肥田他, 2004)。また全身に分布している骨格筋は体の動きを制御する器官としてだけでなくマイオカインと総称される生理活性物質を分泌する「臓器」でもあることが分かっている。マイオカインの1つであるIL-6(インターロイキン-6)は過剰に産生されるとサイトカインストームの要因ともなるが、適度な産生であれば抗炎症作用がある。

また同じくBDNF(脳由来神経栄養因子)は主に脳の海馬に発現するマイオカインであり、学習、記憶、認知に関わり脳に栄養を与えて、新たな脳細胞の発育を促す。さらにBDNFは脳内のグリア細胞の1つであるアストロサイトの活動を支える働きがある。脳内神経細胞同士は軸索を通

して結合し情報の交換を行っているが、上述したようにその結合部分を覆って信号の伝達をスムーズにしているのがミエリン鞘である。そしてこのミエリン鞘の機能を常にチェックし保護している役割を担っているのがアストロサイトなのである。したがってBDNFは脳を発達させその十分に機能させていくために欠かせない極めて重要な物質ということになる。

だが、IL-6にしてもBDNFにしても人間はこれまでの進化の過程で常に座りがちの生活をするようなことはなかったため、身体活動以外にそれらを生成させるメカニズムを進化させてこなかった。したがって運動をしないと、それらのマイオカインは不足してしまうのである(リーバーマン, 2022)。ただしこの場合の運動というのは、アスリート並みの激しい運動レベルを指しているのではない。我々の祖先が狩猟採集を日々していた程度の運動量なのである。

以上のことから考えると学校における体育の授業時間の中で、また一般人が通常的生活の中で楽しみながら実践できる運動内容の開発が求められることになるだろう。

5. 道徳教育で取り上げる意義

ここまで食餌内容の偏りと運動不足に代表される現代的な生活スタイルが人間の健康、特に脳に対していかに深刻な影響を及ぼすかということについて、健康科学や脳神経科学の観点から指摘した。そしてその問題に対する方略としての食餌内容の改善と運動の重要性も示した。前項でも述べた通りこれらの対応をとれば現代的な心身の健康問題はすんなりと解決するというのは、本論において説明するまでもなく一般的な常識、教養を備えていれば誰もが十分に理解していることである。だが分かっているにもかかわらず実行するのはやはり難しい。糖質や動物性脂肪を好むのは採集と狩猟によって生き長らえてきた人類にとって本能といってよい

性質だからである。この状態において必要な対応をとるための鍵を握るのは教育であろう。もちろんこれらの知見に基づいた偏りのない食餌内容や体を動かすことの重要性は各学校種において家庭科や体育及び保健体育の授業の中で取り上げられている。だが仮に本論で展開しているような内容を児童生徒にも分かる平易な文体で構成し直したところでそれほど興味を持たせることはできないだろう。いかにも知識然とした知識では親しみを感じることができず近寄りがたい。そのため知識が実感を伴うものとして認識されないのである。

そこで注目すべきなのが道德教育である。道德性の基本はSelmanのいう「役割取得能力 (role-taking ability)」であり、他者の立場にたって物事を考え、判断することができる能力である。そのため必然的に道德授業では教材として複数人物が登場してストーリーを展開する中で、ある登場人物の立場にたって思考させるというものになる。人類は一定の目的を達成するために集団で協同することによって進化を遂げ、今日の姿へとたどり着いた¹⁷。その意味でいわゆる他者の心の状態を我がものとして理解する「心の理論」、あるいは「メンタライジング」は人間が人間であるための前提条件であるといつてよい。他者や人間関係の理解が人間の認知能力の基礎なのである¹⁸。何かしらの知識を理解する場合にも人格的、また人間関係的な要素を取り入れると容易となるのはそのためである¹⁹。したがって食餌内容の改善と運動の促進に関する知識についても、人的な要素、つまり擬人化を図ることによってより理解しやすくなると考えられる。具体的には小学校中学年程度を対象に発達段階を考慮した教材として例えば腸内細菌や脂肪細胞、ミクログリア等について人格を持った主体として位置付けたストーリーを作成して授業を展開するのである。

さらに述べるなら微生物や人体内の細胞を擬人化し独立した主体として位置づけるという手法に

は、実は重要な意義がある。地球上の生命は40億年ほど前に生まれたと考えられているが、生物は原初のLUCA (Last Universal Common Ancestor) から原核細胞からなる単細胞の原核生物へと進化し、20億年ほど前には真核細胞が生まれ真核生物が活動し始めた。真核細胞は細胞のエネルギーを生み出す細胞内小器官のミトコンドリアを内包しているが、これはもともとは独立した原核生物であり、これが宿主となる細胞に取り込まれることによって相補的な共生関係を築く生物になった。ミトコンドリアを真核細胞内に取り込み多量のエネルギー産生が可能となったことによって、現在の我々のような大型生物へと進化する道筋が確立したのである。その後6億年ほど前のエディアカラ紀になると当初単細胞だった細胞が分裂して複数となりそれらが一体化した多細胞生物が生まれる。この多細胞生物を構成する複数の細胞はそれぞれに遺伝子を持っていることから、それらの細胞はやはり相補的な共生関係を築いているわけである。この点から考えると真核細胞からなる各種生物において、共生というのは非常に重要な要素であり、微生物から植物、昆虫や哺乳類、爬虫類等の大型生物に至るまで全ての生物が全体としては相補的な共生関係を築くことによって生態系を維持しているといえる。

このことは人間においても全く同じであり、人体は腸内細菌叢だけでなく体の各所に存在するマイクロバイオーームとの相補的な共生関係にあり²⁰、そのバランスが崩れるとこれまで述べてきたように心身の健康に問題が生じる。さらに敷衍すれば人間同士の関係も同様であり、人間に道德性が内在しているということについても、より根本的には共生によって生命が維持されているためとも考えられる。腸内細菌や脂肪細胞等を擬人化し独立した存在として扱うことは、主観意識を持つ人間としての存在というのは結局は共生の賜物なのであり、それ単独では生命は維持できるものではないという事実を理解させることになるのである。

6. 擬人化教材作成の具体的な見通し

道徳教育においては初等教育の段階で道徳性の基本となる内容について、十分に理解させる必要があるのは当然である。そのため各道徳科教科書においてもその内容は、自己本位な姿勢で他者の不利益になるような言動を戒めるものとなっている。本研究で示している炎症反応のメカニズムについても、自身の中に存在する、あるいは存在していると同様の他者が困ったり苦しんだりするようなことをしない、という観点で教材を擬人化して作成することになる。ここまで述べてきた内容に即しての教材内容例は、図に示した通りである。

小学校の道徳科授業では、低学年においては擬人化された動物が登場するものもあり、長く教材として取り上げられ続けてきた教材もある²¹。このことから腸内細菌や各細胞を擬人化させてストーリーを展開していくことは十分に可能であろう。課題となるのは、何を主人公としてどの程度の教材を作成していけばよいかということである。従来の小学校低学年向けの教材は、理解しやすくするため極論すれば善悪が明確化した設定の中で

善側の妥当性、正当性をストーリーの中で強調し、より良い生活習慣や行動への意欲化を図るといった内容である。動物が登場する場合は善悪の設定は断定しやすいので例えばオオカミが悪でウサギが善といった形になる。望ましい人間の行動のあり方について学習させるという点から、付随的な知識は最小限にとどめ動物も誰でも知っている範囲にとどめている。

これに対して炎症反応メカニズムの擬人化は知識の習得による学習者の行動変容がねらいとなるため、どうしてもその存在や機序については説明の部分が入らざるを得ない。例えば図中①の教材例では、例えば腸内細菌のうちの乳酸菌といっても多くのものがあるのだが、そのうちの1つで近年注目されているロイテリ菌²²を登場キャラクターとしている。知識内容としては、これを含めたいわゆる善玉菌は宿主が摂取した食物繊維を餌として、その代謝によって人体に必須の栄養素や神経伝達物質を産生している。さらにロイテリ菌はもともと母乳由来であり、口腔内においても歯周病菌や虫歯菌の繁殖を抑える働きをする、といったものである。もちろん難しい専門用語をそ

タイトル	登場キャラクター	概要
①がんばるロイテリ	ロイテリ菌（乳酸菌）	ロイテリはおなかの中で宿主からもらった食物繊維を食べて暮らしていた。ロイテリはお礼として、宿主の栄養になるものをせっせと作っていたが、ある時から宿主の食べるものが変わる。すると、それまでは大人しかったウェルシュの数が増え、ところ構わず暴れるようになった。ロイテリは必死に宿主にそのことを訴えるが、なかなか気づいてもらえない。
	ウェルシュ菌	
②ちょっと待ってミクロ	脂肪細胞（ファット）	食いしん坊のファットは甘いものや油っぽいものが大好き。宿主はろくに運動もせず、ジャンクフードばかり食べている。そのため食べすぎてファットの体は大きくなり仲間もどんどん増やし、しかも臭いおならを連発する。それがあまりにもくさいので戸締り厳重な脳にまで届いてしまった。脳の中ではミクロがオリゴと協力して平和を守っていたのだが、あまりのくささに人が変わってしまったミクロは、オリゴや仲間のニューロンに対しても暴力を振るうようになってしまった。
	ミクログリア	
	オリゴデンドロサイト	
	ニューロン	
③ラクトとクロス	ラクトバチルス属菌（乳酸菌）	太郎は運動が嫌いでジャンクフード大好きな少年。そのため腸内環境が悪化して、そこに住む細菌たちも困っている。ある時たまりかねたラクトとクロスは博士の力を借りて巨大化し特殊スーツを着て人間界にあらわれる。そして何とか太郎の生活スタイルを変えようと悪戦苦闘する。
	クロストリジウム属菌	

図 擬人化したキャラクターを用いた教材内容例

のまま提示するわけにはいかないもので、必要最低限に絞った上でその働きを分かりやすく記述する必要がある。

そして重要なのは①の概要に示したように、宿主の偏った食餌内容によって問題が起こることをストーリーとして展開していくことである。普段はそれほど悪さをしないウェルシュ菌が宿主の行動によって、急に増えだし徒党を組んで腸やロイテリ菌に対してのいじめや周囲への破壊行為をするようになる。善のロイテリ菌に対して悪のウェルシュ菌という構図を示したわけである。ただし悪といっても固定的なものではなく、あくまでも宿主の生活スタイルによってそのように変化してしまったわけであり、それが改善されれば元の平穏な状態に戻ることになる。実際、最新の知見では悪玉菌とされてきた腸内細菌でも実は人体に対して必ずしも害を及ぼすだけでなく、善玉菌の働きを助けるなど健康に役立つ面もあることが分かっている²³。このように炎症反応については、仮に悪の存在であっても、それは絶対的なものではなく本来は共生する仲間であるのだが、状況によってそのように変化するという点に特色があるといえる。また図中③の教材例では、腸内細菌が人間化して宿主の前にあらわれ、宿主の悪しき生活スタイルを改善するように働きかけるという設定である。この場合は細菌等の存在そのものを悪とするのではなく、人間の目先の利益を優先する怠惰な姿勢を悪としている。こうした点から考えれば単純な善悪の構図とはならない面も出てくるので、小学校低学年ではなく、3年生頃の中学年を対象とすることが望ましいと考えられる。

学習の手順としては、その後の高学年時、あるいは中学校時を含めた発達段階において低学年時に取り上げた場面に応じて具体的な科学的な知識を示し理解させるプログラムを設定することになる。ただし専門的な知識が多くなるためメカニズムに関する内容は家庭科や保健体育での授業の扱いとして、道徳科では共生の観点から微生物や細

胞について取り上げるといったものにしていくのが望ましいだろう。本研究では人格の基盤づくりとなる初等教育において、まずは取り組めるものとして示したわけである。

7. 結 語

本研究では糖質や動物性脂肪に偏った食餌内容と運動不足に端的に示される現代的な生活スタイルが、慢性的な炎症反応を引き起こすことによって、人間の道徳性をも浸潤する ASD や発達障害様の疾患を発症することをまず指摘した。その上で、小学校中学年を対象とした道徳科授業において、炎症反応のメカニズムについて擬人化した教材を作成し学習する意義を示した。小学校での道徳授業において取り上げるのは、生物の観点からすれば炎症反応は自己の内的な問題というよりも、自己を成り立たせている共生のバランスが崩れた結果であり、決して人間は孤絶した内向きの存在ではないということを発達段階の早期に理解させるためである。その意味で他者のことを考える基盤づくりということもできるだろう。

ただし、こうした意義を理論的に示すのみではまさに画餅にすぎず、実践がなければ意味はない。むしろ実践に向けた研究の方が具体的にどのような教材の設定で、どういったストーリーの展開としていくかといった細かい作業が必要となり、さらには実際に学校で授業を展開した上で、児童たちの反応や変化についても精査していかなければならない。今後は、こうした作業や取り組みを粛々と積み重ね、最終的には道徳教育の新たな方途を示す研究として確立させていきたい。

〈註〉

- 1 本稿では3食の食事とそれ以外の間食を合わせたものを指す場合を食餌及び食餌内容、3食の食事のみを指す場合を食事及び食事内容と表記する。
- 2 腸内「細菌」と表記されているが、実際には真菌(カビ)も含めている。また多種のウイルスも混在して

- いると考えられている。
- 3 例えば現在の日本人の平均食物繊維摂取量は、一日あたりの「目標量」が18～64歳で男性21g以上、女性18g以上となっているのに対し、一日あたり14g前後にとどまっている（厚生労働省 e-ヘルスネット <https://www.e-healthnet.mhlw.go.jp/information/food/e-05-001.html> 2023. 11. 5 閲覧）。また令和3年度「スポーツの実施状況等に関する世論調査」によれば、77.9%が運動不足を自覚し不安に感じていると回答している。さらには特に小学生や高校生において運動時間が不足しているとの指摘がある（厚生労働省ホームページ https://www.mhlw.go.jp/www1/topics/kenko21_11/b2.html 2023. 11. 5 閲覧）
 - 4 道徳教育は学習指導要領第1章総則の第1の2に「学校の教育活動全体を通じて」行うものとされているため、ここでの記述も「道徳科教育」ではなく「道徳教育」とした。
 - 5 他者とは相互に意志疎通のできる人間同士でなければならないという考えもあるかもしれないが、人間同士でも不可能な場合はあり、さらには人間以外の生物とそれができるわけではない。そうした相手を他者扱いしない傲慢さは、今日様々な面での問題につながっている。
 - 6 日本道徳性発達実践学会第22回香川大会（2023. 9. 2-3）講演 澤田浩一「現代的な諸課題と道徳教育の内容項目」による。
 - 7 人類が本格的な狩猟を開始したのはその骨格から判断すると180万年ほど前以降であり、チームで協力して獲物をひたすら追いかける持久狩猟として行っていたと考えられる。
 - 8 ただしアフリカ狩猟採集民についてのフィールドワークによると、伝統的な狩猟採集社会では狩猟で得た獲物を分配する場合、狩猟当事者に対して礼も言わず分配に関して優先されることもない（丹野, 2005）。これはバンド内での平等性を担保するためである。
 - 9 うつ病の原因としてかつてはドーパミンやノルアドレナリン等の脳簿が脳内で不足するいわゆる「モノミアン仮説」有力視され、それらを投与する治療が積極的に行われてきた。だが患者に対する効果は投与総数の半数程度にとどまり、現在ではその仮説が誤りであったことが分かっている。この仮説は別の症状に対してのそれらの投薬時に、たまたま効果が見られたことによって唱えられた。つまり病態のみを見るだけでは必ずしも真実には明らかにならず、病因を追究することの重要性を示しているといえる
- だろう。
- 10 一般的にはこのことは「シナプス刈り込み」と呼ばれている。
 - 11 腸内細菌叢のバランスがとれている通常の状態では人体に有益な存在となるが、悪玉菌が増加しディスバイオシスの状態になると有害な働きをする。
 - 12 令和元年実施の厚生労働省「国民健康・栄養調査」によれば令和元（2019）年の国民の野菜摂取量の平均値は280.5グラムであり、10年で5%減少し昭和60（1985）年と比べると約2割減少している。
 - 13 例えば立山（2013）。
 - 14 これらは人の体内では合成できない必須脂肪酸であり、脳に関しても神経細胞の生成を促す働きがある。
 - 15 NHK BS プレミアム ヒューマニエンス「“腸” 脳さえも支配する？」2020. 10. 15. 放送
 - 16 不溶性食物繊維で近年注目されているのが、杉のおがくずを粉状にした「ウッドパウダー」である。純度の高い不溶性食物繊維を含む「ウッドパウダー」は食品としても問題なく摂取が可能である。
 - 17 このことは、現在もある目的の達成のために「作業を分担して多賀に協力し、1つのチームとして団結する人間の能力は、当たり前すぎてその事実気づかないくらい広く浸透している（ハイト, 2014）」ことから分かるだろう。
 - 18 この部分についてはいわゆる「社会脳仮説（マキャベリの知能仮説）」を根拠としている。
 - 19 この記述については違和感を抱くかもしれないが、いわゆるウェイソンの4枚カード問題についてのCosmidesとTooby（1992）による分析では人的な社会関係の要素を入れると正答率が上昇することが示されている。これは人間には「裏切り者認知能力」があるためとしているが、人類はモノ的知性に先行して社会的知性が進化したという指摘（ホワイトゥン・バーン, 2004）も合わせるとなげける点が多い。
 - 20 人体を構成する細胞数は約37兆個だが、人間の口腔内や腸内、皮膚などには総計数百兆個の常在菌が存在している。
 - 21 例えば1年生向けの「はしのうえのおおかみ」である。
 - 22 ロイテリ菌の投与によってマウスのうつ行動を減少させ、本文にも示した脳の海馬内におけるBDNF遺伝子発現の上昇を促すことが確かめられている（ワッチャリン他, 2019）
 - 23 例えば以前は悪玉菌とされていたクロストリジウム属は、細菌免疫抑制に必須の細胞である制御性T細胞の産生を強力に誘導することが確かめられてい

る(本田他, 2011)。これは過度な炎症反応を抑制する働きをしていることになる。

〈文献〉

- Cosmides, L., Tooby, J. (1992) Cognitive adaptations for social exchange. In Barkow, J.H., Cosmides, L., Tooby, J. (eds.), *The Adapted Mind: Evolutionary Psychology and the Generation of Culture*. Oxford University Press, pp.163-228.
- Matsuno, H., Tsuchimine, S., O' Hashi, K., Sakai, K., Hattori, K., Hidese, S., Nakajima, S., Chiba, S., Yoshimura, A., Fukuzato, N., Kando, M., Tatsumi, M., Ogawa, S., Ichinohe, N., Kunugi, H., Sohya, K. (2022) Association between vascular endothelial growth factor-mediated blood-brain barrier dysfunction and stress-induced depression. *Molecular Psychiatry*, **27**(9), 3822-3832.
- Mitchell, S. E., Tang, Z., Kerbois, C., Delville, C., Konstantopulos, P., Bruel, A., Derous, D., Green, C., Aspden, R. M., Goodyear, S. R., Chen, L., Han, J. J. D., Wang, Y., Promislow, D. E. L., Lusseau, D., Douglas, A., Speakman, J. R. (2015) The effects of graded levels of calorie restriction: I. impact of short term calorie and protein restriction on body composition in the C57BL/6 mouse. *Oncotarget*, **6**, 15902-15930.
- Neigh, G. N., Karelina, K., Glasper, E.R., Bowers, S.L.K., Zhang, N., Popovich, P.G., DeVries, A.C. (2009) Anxiety after cardiac arrest/cardiopulmonary resuscitation; exacerbated by stress and prevented by minocycline. *Stroke*, **40**, 3601-3607.
- Pontzer, H. (2018) Energy constraint as a novel mechanism linking exercise and health. *Physiology*, **33**, 384-393.
- Sugiyama, Y., Mori, Y., Nara, M., Kotani, Y., Nagai, E., Kawada, H., Kitamura, M., Hirano, R., Shimokawa, H., Nakagawa, A., Minami, H., Gotoh, A., Sakanaka, M., Iida, N., Koyanagi, T., Katayama, T., Okamoto, S., Kurihara, S. (2022) Gut bacterial aromatic amine production: aromatic amino acid decarboxylase and its effects on peripheral serotonin production. *Gut Microbes*, **14**(1), 2128605.
- 安藤めぐみ・小山隆太 (2021) ミクログリアによる脳の恒常性維持とその破綻としての脳疾患 生化学 **93**(2), 248-251.
- 大見サキエ・森口清美・畑中めぐみ・高木歩実・河合洋子・宮城島恭子・安田和夫・平賀健太郎・高橋由美子・堀部敬三 (2022) がんの子どもを主人公とした絵本の道徳教育への活用可能性の検討 椋山女学園大学看護学研 **14**, 15-26.
- 佐藤 園・西谷圭二 (2006) 食に関する指導における家庭科の役割と課題 日本家庭科教育学会大会・例会・セミナー研究発表要旨集 **49**(0), 19-19.
- 田邊宏基・上村里美・小林真由 (2019) 3部位に分けたアスパラガスの不溶性食物繊維が消化管防御機能に与える影響 コミュニティケア教育研究センター年報 **37**(3), 1-6.
- 立山清美・宮嶋愛弓・清水寿代 (2013)・自閉症児の食嗜好の実態と偏食への対応に関する調査研究 浦上財団研究報告書 **20**, 117-132.
- 丹野 正 (2005) シェアリング、贈与、交換—共同体、親交関係、社会 弘前大学大学院地域社会研究科年報 **1**, 63-80.
- デシルヴァ, J. 赤根洋子訳 (2022) 『直立二足歩行の人類史』文藝春秋 p.296.
- ハイト, J. 高橋 洋訳 (2014) 『社会はなぜ左と右にわかれるのか』紀伊國屋書店 p.310.
- バーン, R., ホワイトウン, A. 藤田和生訳・山下博志訳・友永雅己訳 (2004) 「マキャベリの知性仮説: 編集ノート」『マキャベリの知性と心の理論の進化論』ナカニシヤ出版 pp.1-10.
- 肥田 綾・和田 淳・榎野博史 (2004) 日本人男性肥満者における血清 VEGF, bFGF 濃度の検討と血管新生因子肥満研究 **10**(3), 322-325.
- 本田賢也・新 幸二・田ノ上大 他 (2011) 腸管における T 細胞応答における腸内共生菌の役割 腸内細菌学雑誌 **25**(2), 103-104.
- ボンツァー, H. 小巻靖子訳 (2022) 『運動しても痩せないのはなぜか』草思社 pp.178-191.
- 宮内栄治 (2020) 腸内細菌による中枢神経系炎症の制御 腸内細菌学雑誌 **36**, 143-148.
- 山本伸理子 (2015) 生きる力を育てる中学校保健体育科学習指導の研究—意思決定過程を位置づけた保健の授業づくりを通して— 福岡教育大学大学院教育学研究科教職実践専攻(教職大学院)年報 **5**, 135-142.
- 和氣弘明・堀内 浩・宮本愛喜子・鍋倉淳一 (2017) 脳の機能とミクログリア 領域融合レビュー **6**, e007.
- リーバーマン, D.E. 中里京子訳 (2022) 『運動の神話』早川書房
- ワッチャリン, ソビジット., ワッチャリー, ソビジット., 井上 亮・渡辺 元・永岡謙太郎(2019) 卵巣由来プロゲステロンは腸内の乳酸菌を増やし鬱や不安行動を抑制する 日本繁殖生物学会講演要旨集 **112**, 13.

(2024年1月17日受理)

