

生態系を食べる

人間の健康と生態系をつなげる自然農法

研究部 研究課

自然農法は人間の

健康から説かれた

自然農法の創始者岡田茂吉氏は、当時の農村の貧しさや自身や家族の病気体験に照らして、人間の健康と社会の健全性に対して警鐘をならし、病や貧困のもとになる価値観や発想の転換を説き、具体的な生き方や暮らし方について様々な分野での実践を行いました。

自然治癒力をベースにした健康管理方法を普及した岡田氏は、病気を「身体が自ら健康な状態へ戻るための本能であり、浄化作用である」と捉えています。それはヒポクラテスの「医師が病を治すのではなく、身体が病を治す」やナイチンゲールの「すべての病気は、その経過のどの時期をとっても、程度の差こそあれ、その

性質は回復過程である」といった説と共通しています。

岡田氏は「食べ物の本質的価値は食べた者の生命力を高める働きにあります。栄養素は枝葉末節である」と説きました。そして、食べ物が持つ生命力について「穀物に多く、野菜がそれに次ぎ、魚には少ない」としています。これは、食べ物が生き物として生き続ける作用や腐りにくさのことを指していたと考えることができます。岡田氏は食の本質を「食べ物を通して大自然の働きを身体のかなに取り入れること」と捉えていたと思われ、その思想から農業・農業技術についても大自然の働きに準じたあり方として自然農法を提唱したと思われる。

岡田氏は、食べ物と人間の消化機能との関わりを考えようとし、ない

養学の誤謬ごびやうと合わせて、肥料に頼り、

作物の根と土との関わりを考えようとし、ない農業やその関連科学の誤りを指摘しました。岡田氏は科学そのものを否定したのではなく、人間の消化能力や土が作物を育てる働きこそ科学の対象にすべきであると示唆しており、人間の腸内環境や作物と土壌微生物との関係の重要性が認識されるようになった今日の状況を予見していたと言えます。

食べ物生き物

健康に良い食べ物として、多くの人が旬の野菜、玄米や雑穀、発酵食品、ビタミン・ミネラルの豊富な野菜、有機栽培・自然農法で栽培されたものをイメージすると思います。これは総じて、食べ物自体が懸命に生きている状態やその結果生じた農産

物の品質を指していると言えます。

自然界の食物連鎖の中で、人間を含む哺乳類は腐ったものを食べません(生食連鎖)。生食連鎖においては、生きている生き物を食べるのが食べた方の生き物を健康にするのであり、人間の健康も本能的にその延長線上に成立すると思われます。

近年、野菜の独特の風味や色素は、抗酸化作用など人の健康にかかわる機能性を持つ成分として注目されています(表1)が、これらは植物体内の合成経路上では二次代謝産物と呼ばれ、その多くは植物にとっては動物や病原菌から身を守るための防御成分です。動物からすれば、これらを消化、解毒して自分の身体に同化することが、生きていくということ(=生命力)の具体的表現になります。



また、近年、植物の栄養環境と病虫害抵抗性反応や微生物との共生の関係が明らかにされつつあります。植物が無機態窒素の少ないがっちり型の生育をしているときには病虫害抵抗性が発揮され、窒素栄養が豊富で徒長形の生育をしている状態では、量的に大きくはなるが病虫害抵抗性は低下する仕組みが示唆されています（図1）。光をたつぷりと浴びて逞しく育った植物は香りが強くなり、その季節や栽培環境を生き抜くために必要な防御力を高める仕組みがあるのです。そしてその植物を食べた側は、食材の持つ防御力を乗り越えて消化吸収することによって、生命力を高めていると捉えることができます。

消化吸収の本質は何か？

食べ物は口で咀嚼され、胃と十二指腸とで消化酵素の働きによって碎かれ、溶かされてどろどろになり、小腸で栄養を吸収され、大腸で脱水されて、便として排泄されます。便は食べ粕のように思われますが、便の中身を調べると、実際にはもつと複雑なプロセスが腸の中でおきていることが分かります（図2）。

健康な人間の便の80%は水分です。残り20%のうち、食べ物の粕は3分の1、微生物菌体が3分の1、剥がれた腸粘膜組織が3分の1であると言われてます。私たちは毎日、食べたものと同量の微生物（腸内細菌）の塊を排出しているのです。

人間の腸内には100種類以上、100兆個体の腸内細菌が住んでいて、これは全細胞数60兆個よりも多い数です。腸内細菌は雑多なものがただ集まっているのではなく、宿主（人間）によって選ばれた菌種で構成され、独自の生態系を作っています（腸内細菌叢・叢は草むらの意）。その種類は民族的・遺伝的な腸の特徴や地域の食文化・住環境の影響によって異なり、またその構成比率や活性度は年齢や食生活、体調、精神状態によって絶えず変動しています。

腸内細菌は毎日の排便で押し流されないように増殖し続けており、その餌となつているのが食べ物です。すなわち、咀嚼や胃や腸の運動、消化酵素の働きは、消化吸収活動であると同時に、腸内細菌の餌と生息環境を調べ、腸内細菌叢を維持管理する働きであるとも言えます。消化吸

表1 野菜の機能性成分の例

成分名	野菜の種類	働き
アピイン	セルリー、パセリ	不安解消、頭痛改善、食欲増進、抗ガン作用
クロロゲン酸	サツマイモ、ごぼう、ナス	抗酸化作用、脂肪燃焼の促進
アントシアニン	赤じそ、ナス、紫キャベツ	眼精疲労回復、抗酸化作用
ルチン	ケール、ホウレンソウ	毛細血管を丈夫にする
ムチン	サトイモ、オクラ、レンコン	胃壁保護、肝臓・腎臓を助ける
キャベジン	キャベツ、レタス、セルリー	胃腸障害の回避
イソチオシアン酸類	アブラナ科野菜	発がん抑制

参考資料：「2012年版野菜ブック～食育のために～」(独) 農畜産業振興機構

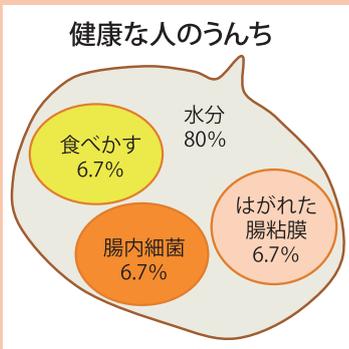


図2 便の組成

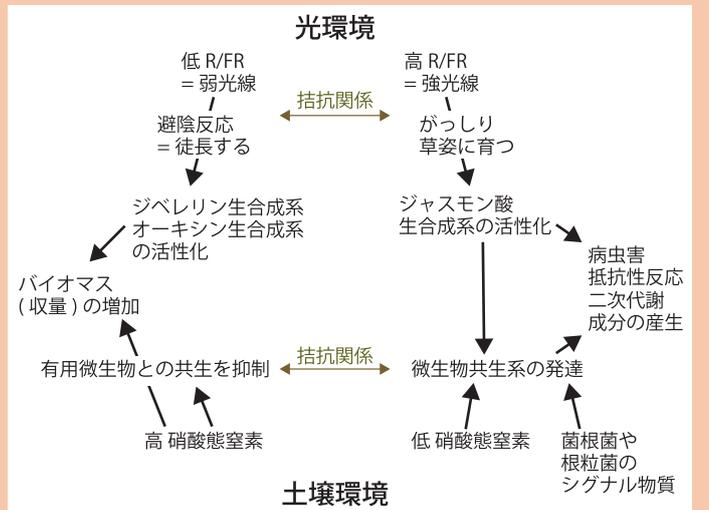


図1 植物科学的には病虫害抵抗性と収量増加は両立しにくい (植物共生科学の新展開と農学研究におけるパラダイムシフト, 池田成志ら, 化学と生物 Vol.51, No.7, 2013 を参考にして作図)

収とは宿主が単独で行うものではなく、腸内細菌叢と一体となった協同（協働）作業であり、宿主と腸内細菌たちがお互いに栄養や生活環境をつくり合う共生系の活動が本質なのです。一例として、腸内細菌は多くのビタミン類や短鎖脂肪酸等を合成し、人間はそれを吸収・利用している

表2 腸内細菌が合成する栄養素

種類
短鎖脂肪酸
ビタミンK
リボフラビン (ビタミン B2)
ナイアシン (ビタミン B3)
パントテン酸 (ビタミン B5)
ピリドキシン (ビタミン B6)
ビオチン (ビタミン B7)
葉酸 (ビタミン B9)

ます。必須ビタミンのいくつかは腸内細菌の産生したものによってまかなわれており、短鎖脂肪酸は大腸の重要なエネルギー源となっていることが知られています(表2)。

段ボールでも食べられる!! 腸内細菌叢の働き

人間の消化酵素はデンプンとコラーゲン以外の多糖類は分解できないため、消化吸収できない多糖類は食物繊維と呼ばれ、物理的に腸を掃除する働きをするものと考えられました。しかし腸内細菌叢の働きが解明されるにつれて、腸内細菌がセルロースやコンニャクマンナンなどを嫌気発酵させ、酪酸やプロピオン酸などの短鎖脂肪酸の形で吸収できることが分かってきました。災害で閉じ込められた人が段ボールを水に浸して飢えを凌いだというニュー

スがありました。実際に、食物繊維のセルロースから最大で2キロカロリー/g程度(デンプンの半分)のエネルギーが摂取できるという研究があります(奥恒行ら、日本食物繊維研究会誌6、81-86、2002)。気力と腸内細菌叢の働きがあれば、段ボールからでも延命に役立つカロリーをとれたのかもしれない。多くの高等動物は腸内細菌叢との協働なしには生きていくことができないと言えるでしょう。

腸内細菌叢の活動は、腸内環境を弱酸性・低酸素状態に維持し、腸を刺激して蠕動運動や組織の新陳代謝を活性化し、消化酵素や乳酸菌などの有用細菌を働きやすくしたり、病原菌やウイルスの増殖や感染を抑制したり、発がん性物質の分解や排泄を促進したりしています。

腸との調和が健康への道

アメリカの神経生理学者マイケル・D・ガーション医学博士は、腸の働きを「第2の脳」と表現した著書を発表し、腸に独自の神経系があることを世に知らしめました。腸には1億の神経細胞があり、30種類以上の神経伝達物質が作られ、独自の

情報処理の仕組みがあると考えられています。

腸は収集した情報を独自に判断し、消化液や腸管運動を制御するとともに、脳に情報を送っています。脳と腸をつなぐ神経を流れる情報の90%以上は腸から脳へ向けられたもので、神経伝達物質セロトニンの95%が腸で作られていることが明らかにされています。お腹の思考が脳の思考に影響を与えているのです。

また、人体の免疫細胞の6割から7割は腸に存在し、腸内細菌のモニタリングを通して得た情報に基づいて、腸管を保護する粘液や免疫物質(IgA)を分泌したり、全身の免疫系のバランスをとっています(腸管免疫)。乳酸菌や酵母などの善玉菌が多いと、細胞性免疫やナチュラルキラー細胞の活性が高まること明らかにされています。

腸で作られる神経伝達物質のセロトニンはリラックス感を高め、ドーパミンは幸福感を引き出します。身体が疲れ、心が不安定になれば、腸は甘い物を欲して適度に空腹を満たし、これらの神経物質を産生して心身が安らかに休めるように働きます。しかし、ストレスを解消したい

という脳の思考が優先してしまうと、お酒が過ぎ、暴飲暴食に走り、腸を疲れさせてしまい、腸内細菌叢との協働による栄養産生作業がうまく行かなくなり、免疫機能や自己治癒能力も低下する、といった悪循環を招きます。パートナーである腸内細菌叢の意向を集約している腸の声に耳を傾け、お腹に優しい食生活や生活習慣を心がけることが大切だと言えるでしょう。

腸内細菌はどこから?

私たちは腸内細菌叢との共生によって心身の健康を保つ仕組みを持つていることをしてきました。腸内細菌叢は、100種類以上の多様な細菌群ですが、いわゆる善玉菌と呼ばれる乳酸菌群やウェルシュ菌などの悪玉菌などを除いては、多くの菌種(日和見菌とも呼ばれます)の役割はまだ良く分かっていません。

胎児は母親の子宮内では無菌状態で育ち、出産時に産道に定着している細菌を取り込み、さらに近親者や周辺環境からの細菌を取り込んで、腸内細菌叢を形成していきます。腸内に定着する細菌の種類は乳児期に決定され、それ以後は相対的な優占

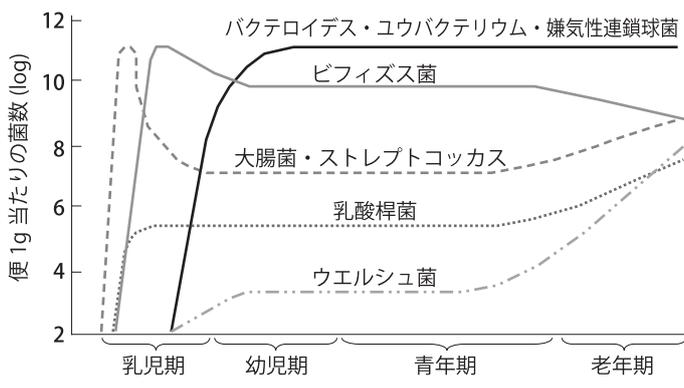


図3 腸内細菌叢の構成菌群の推移
 出典：腸内細菌叢研究の歩み，光岡知足，腸内細菌学雑誌
 25:113-124,2011 図3 腸内細菌叢の構成菌群の推移

度は変わっても、種類は変わらないとされています(図3)。新生児は母親や近親者とのふれ合いを通して、家系や地域の環境を反映した腸内細菌叢を形成し、それと一生をともにするのです。

近年、遺伝子解析技術の進歩により、日和見菌群が土壤微生物の仲間であることが分かってきています。つまり、人は農産物を介して、土からの「移住者」を腸内細菌叢に迎え入れている、と捉えることができま

腸内環境を守り育てる食べ物

す。乳児は何でも口に入れてしまえますが、その仕草を通して、地域風土を身体の中へ取り込んでいるとも言えるのです。

腸内細菌叢を構成する細菌群は家庭環境や地域風土から選ばれて、私たち人間の腸内に共生し、日々の食べ物と餌として生活しています。腸内環境は乳酸菌群が優先していることで良好に保たれ、ビタミンや有機酸などの栄養合成や腸の繊毛・粘膜の新陳代謝もスムーズに行われます。

近年、腸内環境を改善することを謳うヨーグルトなどが開発され、盛んに宣伝されています。こうした研究開発の過程で、上述の乳酸菌群の役割や腸内細菌によって免疫系のバランスが調整される仕組みなどが明らかになってきました。

機能性の高い乳酸菌を摂取して腸内環境を改善しようという考え方や摂取される微生物のことをプロバイオティクスと言います。プロバイオティクスに用いられる乳酸桿菌やビフィズス菌などは臨床試験などにより一定の効果が確認されたものですが、これらの乳酸菌群が腸内に定着することはなく、腸まで届いて活動したとしても、数日から1週間程度で腸から流されていなくなります。プロバイオティクスは摂取から排出されるまでの間に、もともと定着している乳酸菌群の働きを支援していくものであって、その効果は腸内細菌叢の活動しだいなのです。

腸内細菌叢を安定的に維持する基本は、日常の食生活にあります。元々腸内細菌叢は母親や生まれ育った環境中に生息していた微生物を取り込むことで形成され、毎日の食事や生活習慣のなかで育み・育まれてきたものです。何気ない今日の食事は、実は過去と未来を結ぶ一大事なのです。

腸内細菌叢のなかの善玉菌(乳酸菌群)をいかに元気にするか、という観点から食事を眺めると、納豆や味噌などの発酵食品をふんだんに含んだ伝統的な日本食は理想的であると思われま。日本人は欧州人に比べて腸が長く、米・雑穀・芋類や野菜を中心とした食事に適応していると言われています。腸内細菌叢との

関係で言えば、これらの食べ物に豊富な多糖類・食物繊維を腸内で発酵させながら消化吸収する協働作業が発達してきたと考えられます。

こうした腸内細菌叢の働きをリードするのが乳酸菌群であり、米・芋・野菜を中心とした日本食は乳酸菌群を育てる食事と言えます。乳酸菌は野菜や果物に豊富に含まれるオリゴ糖と相性が良く、また芋類や根菜に多く含まれる食物繊維のポリデキストロースやイヌリンで良く増殖するからです。このように乳酸菌群の増殖を促進する成分はプレバイオティクスと呼ばれ、食材としてはネギ類、キャベツ、ゴボウ、アスパラガス、ジャガイモ、キクイモ、トウモロコシ、麦類、大豆などが多く含まれています。

プロバイオティクスとプレバイオティクスの複合食品、すなわち有用微生物そのものや腸内細菌を元気にする成分を同時にとることができる食べ物、糠漬(ぬか)などの発酵食品です。糠床1gに含まれる乳酸菌数は10億個とも言われており、一般的なヨーグルトの1千万個(食品衛生法上の基準値)をはるかに上回ります。そもそも糠床の乳酸菌も漬け込まれ

る野菜の表面に生息する乳酸菌が糠床へ移って増殖したものであり、野菜の種類や季節を反映したものです。旬の野菜を糠漬けにして毎日の食事に添えることで、旬の野菜に含まれる機能性成分と善玉菌を応援する2つのバイオテイクスをとることができるのです。

がっちり育った生き物が 価値の高い食べ物となる

プレバイオテイクスとしての作用の高い雑穀や大豆、野菜は、糖質や食物繊維が豊富な農産物であり、生き物としてみると、長生きで、腐りにくく、高い防御力を備えた植物です。同じ種類の野菜でも、徒長形の生育をしたものは香りが弱く、病虫害にかかりやすくなり、また腐りやすくなります。一方、がっちり型の生育をしたものはその逆になります。例えば無機態窒素レベルが低位に保たれる条件に植えられた作物は、じっくり育つため、細胞組織がしっかりとって、体内に過剰な窒素分が少なく、病虫害に強く、日持ちや保存性の良い農産物となります。

総じて、健康に育った日持ちの良い農産物は、食べる側にとっては、

一工夫して腸内細菌叢との協働作業で消化吸収することが促され、それが必須ビタミンをつくり、腸管免疫に役立ち、心身の健康を保つのに効果的である、と行うことができます。これからの時代は、農産物に含まれる栄養素の多少で食材の価値を捉えるのではなく、食べ物腸内細菌叢にとってどんな働き・効果を及ぼすかという視点での評価が必要になってくるでしょう。そして、腸内細菌叢への好影響を与えうる農産物の品質には、栽培環境や育て方が大いに関わってくるのです。

虫が大きくならない野菜

自然農法センター研究部では、無農薬でも病虫害を寄せ付けないキャベツの自然農法栽培の確立を目指し、キャベツ自身が健全に育ち、病虫害が問題にならない栽培環境の構築（「育土」）を追求するプロジェクトが行われています。試験場内に設けた育土栽培モデル（NM）区では6年間のライ麦―キャベツ二毛作体系（連作）のなかで、慣行栽培の半分以下の窒素分の投入でも十分な結球重が確保でき、病虫害の発生しない栽培が安定しています。プロ

ジェクトでは、ライ麦―キャベツ二毛作栽培を繰り返す、作物残さを表層に集積して土壌生物の活動を高めることで、施肥に頼らなくても、作物を育てられる耕地生態系が形成されるとの仮説をたて、モデル区のある畑とは別に有機転換圃場を設けて、このモデルと同じ栽培方法をとる育土栽培（NF）区をつくり、育土によって病虫害が少なくなる過程の再現を試みています（表3）。

2012年までの3年間の観察ではNF区は化学肥料（CF）区と同様に収量は不安定で（図4）、2年目（2011年）に虫害が激発したものの、3年目（2012年）には隣接するCF区にヨトウガ幼虫（ヨトウムシ）がたくさんいるにも関わらず、NF区は少なく推移し（図5）、害虫の多発が抑えられる条件ができつつあることが推察されました。NM区やNF区では結球期にヨトウガ幼虫がほとんど見られなくなる特徴があります。この原因として、育土栽培ではヨトウガ幼虫が育たないか、天敵によって除かれている可能性が考えられました。そこで、昨年（2013年）、1つのヨトウガの卵塊を2つにわけ、育土栽培モデル（N

M）区のキャベツとCF区のキャベツの葉それぞれで幼虫を育ててみました。NM区のキャベツではヨトウガ幼虫の若齢虫が多く死亡し、生き残った幼虫も発育が進みませんでした（表4と写真）。一昨年までの結果から、CFとNM・NFのキャベツにおいて、葉中に含まれる窒素分がNMやNFはCFの半分程度であることが分かっています。消化管の短い害虫にとって、窒素含量の少ない植物は餌としては不適當なのかもしれない。

食べる生態系を 生み出す自然農法

腸内細菌叢の働きは、人間の健康に大きく関与しています。がっちり育った野菜が腸内の乳酸菌群にとって好適な働きをし、同時にヨトウガの成育には不適當であるとすれば、人間と害虫種が棲み分けられる摂理が見えてきます。作物の健全な生育条件は地球環境を保全しうる低投入型の栽培体系であり、その栽培様式は病虫害を回避するとともに、人間の健康に役立つ農産物の品質を誘導するものでもある――。人間の健康と食のつながりからも、環境保全



表3 キャベツプロジェクトの試験区の設定

試験区名	圃場の場所	処理の内容
育土栽培モデル	NM	自然農法継続圃場
育土栽培	NF	有機転換圃場
慣行防除	CP	転換圃場内に設置
化学肥料	CF	転換圃場内に設置

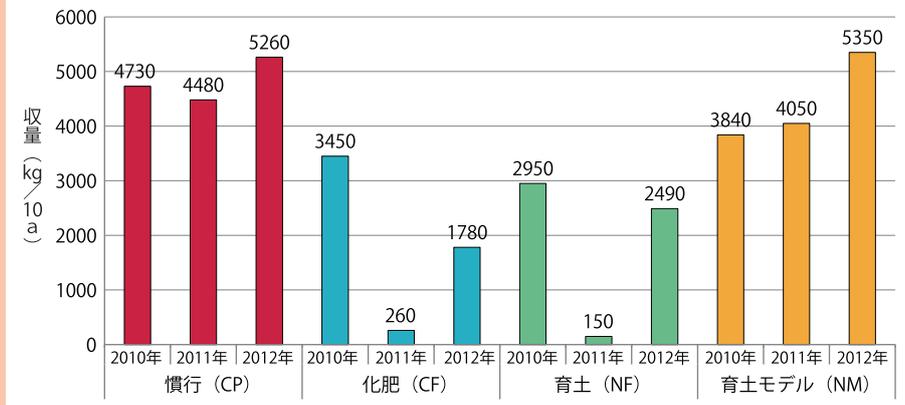


図4 3カ年のキャベツ収量の推移

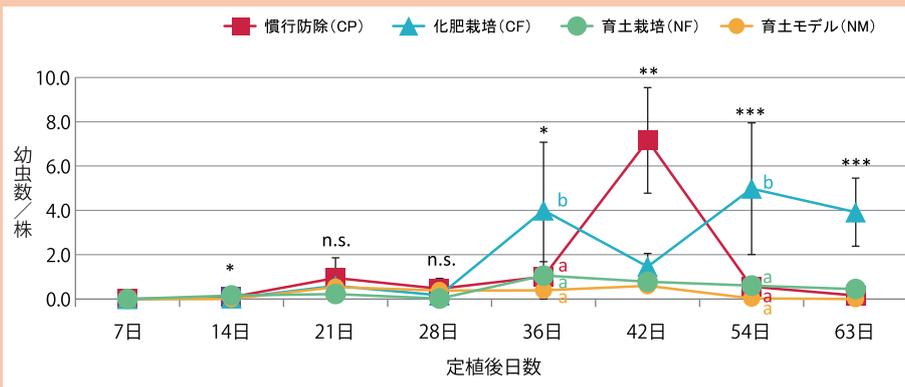


図5 移行3年目(2012年)のヨトウガ幼虫数の推移

表4 ヨトウガ幼虫の死亡率

栽培方法	ふ化後日数	ふか8日後 (1~2齢虫)	ふか12日後 (2~3齢虫)
育土栽培モデル (NM)		63%	79%
化学肥料栽培 (CF)		28%	51%

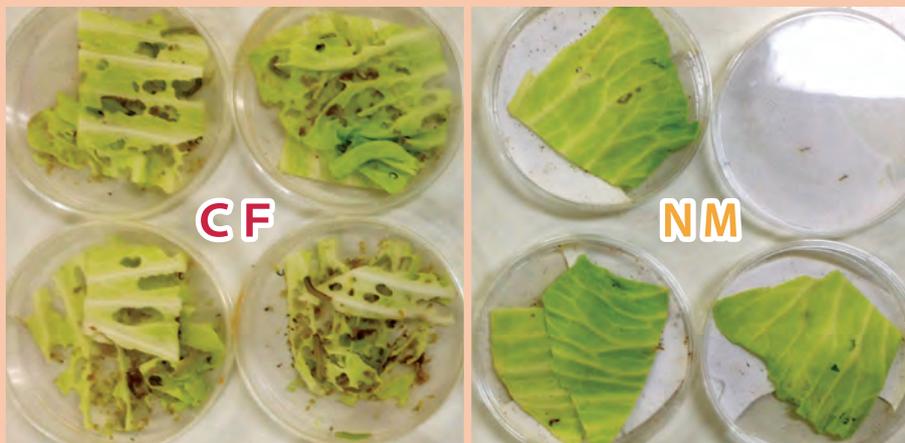


写真 ふか12日後の食害の様子

からも、そして作物栽培と耕地生態系との関係からも、これらは1つの輪でつながっている物語のように思われます。

私たち人間の身体は、腸内細菌との共生によってできている複合生命体、あるいは生きる生態系です。農

作物も微生物との共生によって生育が成り立ち、葉や根の内や表面に固有の微生物生態系を作りつつ、外部の環境微生物との間でも常に交流・相互作用をして生活しています。

私たちは農産物を食べるというこ

に、食を介してその地域・その季節・その農産物の持つ生態系の情報を付加することを意味します。日々の食事は、その季節や地域に適應するように、腸内細菌叢を常に最新の状態に保つ更新作業なのです。したがって、健康に寄与する価値ある食べ物

とは、その時期・その地域の生態系の情報を多く持っている農産物であり、作物栽培を通して耕地生態系を育む自然農法は、同時に食べる生態系を生み出す農法でもある、と捉えることができるでしょう。

(石綿 薫)