

Discussion Paper Series

幸福への農工芸融合

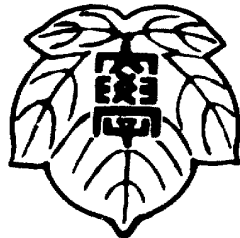
A Social Integration of Farming and Engineering toward Well-Being

By

岡村宗二（大東文化大学）・松尾誠治（東京大学）

Discussion Paper No. 19-3, November 2019

Institute of Economic Research
Faculty of Economics



大東文化大学

DAITO BUNKA UNIVERSITY

TOKYO, JAPAN 175-8571

A Social Integration of Farming and Engineering toward Well-Being

By

Soji Okamura (Daito Bunka University)

AND

Seiji Matsuo (University of Tokyo)

Discussion Paper No.19-3

November 2019

大東文化大学経済研究所

175-8571 東京都板橋区高島平 1-9-1

This paper presents preliminary findings and may be distributed not only to fellow members at the IER or the Faculty of Economics, Daito Bunka University but also to other interested readers exclusively to stimulate discussion and elicit comments.

A Social Integration of Farming and Engineering toward Well-Being

By

Soji Okamura

Daito Bunka University

AND

Seiji Matsuo

University of Tokyo

ABSTRACT

An important topic of human history is how we have been in harmony with nature. Our consuming and producing manners hurt the natural environment to cause natural disasters, and raised other technical and social problems. Now primary sector participants and engineers with machinery and information technologies can work together to remedy these unfortunate courses. A challenge is their grappling with the good utilization of exhaust CO₂ and heat. It promotes profitable harvesting and reduces the quantity of CO₂ in the atmosphere. This paper explores a way to the social integration of farming and engineering where individuals could feel *eudaimonic* self-fulfilling through consuming, producing, working, inventing, and thinking.

Key words: integration, agriculture, IT & AI, CO₂, heat, artisan, well-being

幸福への農工芸融合

A Social Integration of Farming and Engineering toward Well-Being

岡村宗二（大東文化大学）・松尾誠治（東京大学）

始めに

当たり前の光景として、農業や林業に携わる人々、そして関連技術者が自身及び他人の幸福のために勤勉に働いている。只、ここであえて「幸福への」字句を付け加えたのは、戦略的な補完を目指す農工芸融合の参加主体が幸福（善）を軸に議論・活動することによって、プロジェクトのインサイダーとして社会的使命を共有し、アウトサイダーにはアイディア、目標や活動過程を明示的に分かりやすく示すことができると考えたからである。「幸福」（最高善）は農工芸融合を包むソフト環境である。

幸福（well-being）の内容を一元的に決めることはできない。では、どう「幸福への農工芸融合」を定義づけるのか。あるいは、なぜ農工芸融合が幸福の道になるのか。それには幾つかの理由（すじみち）がある。事実認識として、日本の第1次産業部門が相対かつ絶対的に衰退している。そのことを、多くの国民が憂慮している。それは、内外の産業競争力の観点からだけでなく、日本人の郷愁感情に基づくと考えられる¹。郷愁感情は快である。そうであれば、第1次産業部門を支える人材の維持・成長あるいは拡大には意義があり、関係主体の経済環境はもとより、従事者の肉体的、心理的負担を改善しなければならない。直接の補助金や交付金制度は改善に役立つが、持続の観点からは内なる展開が望ましい。その点、近年目覚ましい発展を遂げるデジタル技術は、個人及び小規模経営体にも有意に利用可能で、第1次産業と工業の融合を具体的に推し進める手段となり得る。温暖化を防止するための省エネ、再エネ、排出CO₂・熱の利活用を含み、目的に向かう関係者の能動かつ協力的な活動を生み出す「農工芸融合」の道を描くことが出来る。途上で関係者は幸福感情を体験し、その良好な結果が他者には（少なくとも受身の）快として広く普及する。タイトルを「幸福への農工芸融合」としたのは、その意味合いからである。

われわれは数年前から、環境問題や農学専門家を交えて、農工融合を議論してきた。技術論の展開もさることながら、第1次産業の現状と課題克服、人の幸福、地方創生、幸福への工学利用を幅広く議論した。幅広い視角は隣接研究者の参加を誘うが、どうしても焦点が拡散する。そのことは承知の上で、というよりもその必要性をむしろ意識して今後の研究に向かう姿勢を確認し合った。かくして、本稿はわれわれが描く「農工芸融合」のイ

¹ 郷愁感情は単なる非経済的な心理要因と軽んじられるべきではない。懐かしい癒しの光景はそのままであって欲しい。そこには、暗黙のうちに、防災機能に加え災害発生予測・回避が期待されている。正の獲得よりも、負の損失に敏感な人間心理が反映される。また、経済学者が説く比較生産費の原理から、日本が得意の製造業に特化し、農業の安楽死や絶滅を願うという世論は今のところ聞かない。

ントロダクションである。技術を含む事例と現状の認識、ミクロかつマクロ視点からの問題点の整理、今後の分析方向を要約したい。われわれの基本姿勢は、幸福を感じられる農工芸融合の道を探求することである。

かつて、岡村・山崎・鈴木（2018年）は、栃木県を例に、幸福度と地方創生に関する調査研究を行った。この調査研究では、野菜生産や畜産を含む営農者や「道の駅」を含む販売施設を訪問・ヒヤリングした。関連のNPOや行政現場からも同様に情報を収集できた。また、筆者等は愛知県田原市の渥美半島に花卉栽培・営農する農業地帯を複数回訪れた。特に、農工芸融合の具体化を目指して、松尾は農家及び市当局関係者との面談・実態調査を繰り返した。ここまでの調査研究で得た結論は、意識ある積極的な営農者、農業を知る工学・技術者、プロジェクトや組織を纏めるリードの存在が不可欠、ということであった。こうした人材は、岡村・他（2018年）の共同報告執筆者・山崎弘之が幸福との関連で特記した「アーティザン（artisan）」という生き甲斐をもって幸福追求する能動的な人材に関わる²。

本稿が、具体的な農工芸融合の議論に向けて、農産物生産者・販売者、消費者、自治体行政、農協等の団体組織や農福連携を含む民間NPO、農業・環境・関連企業、工学研究者、IT技術者、地域経済・地方創生研究者、社会学者、そして自己実現を目指すアーティザンの橋渡しになれば幸いである。

(1) 農工芸融合の意義

1.1 人間の生理と幸福

行動生物学者によれば、人間の脳には与えられた生物学的制約があり、故郷、母校、祭、宗教的行事、国などに関する郷愁感情が発達する（小原、2000年）、という。人間が快という幸福を志向して行動するとき、郷愁感情に対立する展開は障害でありストレスである。ストレスへの適応は人の課題でもある。しかし、習得的な学習がストレスをやがて内生化すると楽観するが、度を越えた負担、負荷は人を不幸にする。

自然に働きかけ、耕作、種蒔・作付け、栽培を通して、収穫（生産）物を得るときの達成感、職としての農園芸従事者のみならず、多くの人間が味わう能動的な幸福感情である。自然（木、土、水、光、風、色、臭い、音など）の恩恵を知り³、時には災害や恐怖を経験するけれども、自然を守ることの必要性は誰もが感じる。実際、初等教育での環境教

² 異なる産業（農業と工業）が融合するには、人とその集団組織が必要である。それゆえ、単に「農工融合」と形容するよりも『農・工・芸』融合の方がそのニュアンスが伝わる。能動的な人材（アーティザン）がその道程に必ず係わるから、「芸」を加えることによってその人間的要素の存在を表現できると考えたからである。上記理由から『農・工・芸』融合を着想し、以下これを簡略して「農工芸融合」と書くことにする。尚、アーティザンの語用については中山（1988年）を参照。

³ 身近な森林による生理及び療法的効果を検証した調査研究（白井、2014年）がある。都市環境でのストレス（緊張・不安、抑うつ・落ち込み、疲労、混乱など）に対して、特に整備された落葉樹の雑木林は療法的効果が大きい。市民参加の森作りの方向を示唆する同調査研究は、幸福を視野に据える本稿の姿勢と矛盾しない。

育は、自然愛護・愛着、観察、自然の中での遊びの意義を強調する⁴。これは、持続可能性を意識するモラルとしての自然保護の観点のみからだけでなく、人間本来の生理（土いじりによる癒やし効果など）と矛盾しないからである。農業、家庭菜園、ガーデニング、草取り、収穫、物作りなどは、人の創造心や能動的行動を意味し、医学、脳科学、健康科学、心理学において心因ストレス抑制との関係が論じられている。要は、自然と織りなす要素としての人間の営みということであろう。

ちなみに、幸福とは余暇で趣味に興じ夢や希望を携え、未来に向かって行動するときに得られる感情であろう。古代ギリシャの哲学者アリストテレスが強調したように、受身の快（ヘドニア）ではなく、社会意識を有する能動的な行動に基づく幸福感（エウダイモニア）が人間には尊いはずである。そうであれば、自然に敬意を払う農園芸は、自然の摂理に晒されながらも、人間個人の福祉増進ということにとどまらず、環境、景観保護・美化、防災という社会的使命を担うことになる⁵。

余暇における趣味の追求が一定の所得を生み出せば、幸福の感情は高まるだろう。経済学では、労働は稼得（プラスの効用）の手段である一方苦痛を感じる負の効用であるから、余暇の活動が所得を生み出すことになればこの経済人の福祉は必ず改善される。幸福論の議論にも矛盾しない。しかし、営林や営農が趣味の延長上で為しえる業であろうか。土に触れる人間の本来の「快」は、業とする場では大変な苦痛を伴うことがほとんどである。主流経済学の仮定は間違っていない。農作業は技術的な勘と激しい肉体労働を伴う。季節、天候、時間に左右される。一定の付加価値を生み出す業となれば、仕事の拘束時間は長く、市場状況を眺め、病災害に備え、他者やコミュニティとの調整が要る。趣味の延長上の仕事になるというのは幻想である。人間本来の性向をここに再強調するとしても、第1次産業の現実と将来は厳しい。

1.2 農家の所得状況

農業経営統計調査（農林水産省）による個別1経営体当たり平均の所得や経営効率は表1.1のように示される。特に2014年（4月1日、消費税率上昇8%）に所得と付加価値が粗収益の横ばいと経営費の急増が理由で大幅に落ち込んだが、2015年以降は増加に転じている。農業所得は10年間で2倍弱に増加した。「定年無し、生活食材に事欠かない農家」と非農家

⁴ たとえば、日本の環境教育（https://www.eeel.go.jp/env/nerai/EnvEdu/02_nature.html ; 2019年4月27日閲覧）を参照。

⁵ 農林園芸が業として自然に敬意を払わなければならないが、同時に自然を壊した元凶でもある。歴史に見るとおり、明らかに農地の開拓、特定な栽培及び収穫法は自然や生態系を破壊した。用水路工事、農薬、化学肥料、堆肥の過剰使用や地下水汚染は、人間の生活ばかりか野生生物にも負の影響を与えた。こうなると、人間の存在とその増加こそが環境破壊の根源と糾弾されかねない。しかし、人間の過去の生き様を過剰反省するよりも、未来に向けて第1次部門を含む各種産業の改善法を模索することが重要である。本稿は第1次部門の現状改善とそのため技術革新が人々の幸福を増進すると確信する。現代社会において自然を公共財として再確認するなら、環境を維持する保護活動は当然の社会政策であり、第1次部門がこの公共財維持に向けて果たす役割は大きい。そのためにも、農林園芸に携わる就業者や関連組織の活発な活動を促すことが社会全体の利益であり、一定の安定的な所得環境（付加価値）の実現が活動持続の条件である。

表 1.1 最近 10 年間の農業経営（個別）実態

	2008年 H20	2009年 H21	2010年 H22	2011年 H23	2012年 H24	2013年 H25	2014年 H26	2015年 H27	2016年 H28	2017年 H29
経営体数	4,725	4,720	4,505	4,478	4,507	4,506	4,512	4,498	4,490	4,154
経営主の年齢	64.5	64.9	65.8	66.5	66.2	66.6	67.2	67.3	67.4	67.6
農業経営 関与者数	2.10	2.08	2.09	2.08	2.10	2.08	2.09	2.06	2.06	2.08
自営農業 労働時間	1,830	1,820	1,834	1,834	1,901	1,908	1,926	1,903	1,946	1,967
農業固定資産額	4,211	4,032	3,914	3,713	3,740	3,642	3,557	3,605	3,686	3,917
農業粗収益	4,379	4,312	4,571	4,694	5,014	4,972	5,009	5,440	5,934	6,234
農業経営費	3,297	3,270	3,348	3,498	3,667	3,651	3,823	3,913	4,083	4,327
農業所得	1,082	1,042	1,223	1,196	1,347	1,321	1,186	1,527	1,851	1,907
関連事業所得	5	6	7	8	9	10	12	15	6	11
農外所得	1,858	1,685	1,610	1,604	1,553	1,531	1,455	1,472	1,403	1,418
年金等の収入	1,712	1,833	1,820	1,825	1,853	1,865	1,909	1,946	1,952	1,924
総所得	4,657	4,566	4,660	4,633	4,762	4,727	4,562	4,960	5,212	5,260
関与者一人当たり 農業所得	515	501	585	575	641	635	567	741	899	917
関与者一人当たり 総所得	2,218	2,195	2,230	2,227	2,268	2,273	2,183	2,408	2,530	2,529
付加価値	1,283	1,254	1,440	1,425	1,590	1,571	1,457	1,826	2,180	2,248
固定資産 回転率(回)	1.04	1.07	1.17	1.26	1.34	1.37	1.41	1.51	1.61	1.59
*付加価値 生産性(円)	701	689	785	777	836	823	756	960	1,120	1,143
世帯平均 所得	5,475	5,496	5,380	5,482	5,372	5,289	5,419	5,454	5,602	5,516
世帯平均 稼働所得	4,211	4,081	3,985	4,095	3,967	3,820	4,038	4,033	4,237	4,050

(注) 1. *印以外の額単位はすべて千円。2. 農業経営関与者数は年間月平均農業経営関与者数を示す。
3. 付加価値生産性は付加価値を自営農業労働時間で除した「自営農業労働1時間当たり」の値である。
4. 最下行[参考]の「世帯平均所得」は全国世帯の1世帯当たりの平均所得金額である(厚生労働省「平成30年国民生活基礎調査」)。
資料：農林水産省「平成29年経営形態別経営統計(個別経営)」(2019年3月公開)より作成。

庭からしばしば羨望される。しかし、年金等の収入を加えた農家総所得は全世帯平均に比べて10%程低い水準である⁶。稼働所得のみを比較すれば、この差は格段に広がる。これは、専業農家(主業販売農家)以外の比率(2018年78%;農林水産省「農業構造動態調査」)が高いことを反映している。また、営農類型別経営統計(個別経営及び組織法人経営)から個別経営体と組織法人経営体を合わせた農業経営体1経営体当たりを見ると、最近5年間の営農類型別の農業所得は表1.2のようで、類型・部門間に大きな格差が生じていることが分かる。酪農、繁殖牛、養豚、ブロイラー養鶏における成長が顕著で、特に養豚では約4倍の所得増加が観察される。また、統計の掲載は省略するが、水田作経営(個別経営)において、農業経営関与者一人当たり農業所得平均が35.7万円に対して、大規模(作付け面積)の30.0ha以上では20倍以上の773.3万円である。野菜、酪農等、その他の類型においても、一人当たり農業所得や生産性は経営規模(耕地面積、頭数、羽数)が大きくなるに従い高くなる。ただし、大規模経営は農業固定資産額が大きくなり、農業固定資産回転率は低下す

⁶ ただし、農業経営統計調査においては、農家世帯員は農業経営関与者のみに限定されることを付記する。農業に従事しない(非農業経営関与者の)所得ある家族を当該の世帯員に含めれば、農家世帯所得はその分高くなる。

る⁷。

表 1.2 農業経営体当たりの農業所得（「農業粗収益－農業経費」）

営農類型	2013 (H25)		2014 (H26)		2015 (H27)		2016 (H28)		2017 (H29)	
	千円	前年比	千円	前年比	千円	前年比	千円	前年比	千円	前年比
全農業平均	1,427	△1.4	1,292	△9.5	1,699	31.5	2,099	23.5	2,182	4.0
水田作	615	△12.4	343	△44.2	633	84.5	776	22.6	896	15.5
畑作	2,384	△1.2	2,585	8.4	2,947	14.0	2,907	△1.4	3,844	32.2
露地野菜作	1,940	△0.7	1,943	0.2	2,283	17.5	2,647	15.9	2,565	△3.1
施設野菜作	4,451	△1.4	4,295	△3.5	5,099	18.7	5,729	12.4	5,225	△8.8
果樹作	1,973	△0.8	1,888	△4.3	2,103	11.4	2,526	20.1	2,298	△9.0
露地花き作	2,086	7.8	1,987	△4.7	2,117	6.5	2,492	17.7	1,921	△22.9
施設花き作	4,094	16.9	3,536	△13.6	4,378	23.8	4,743	8.3	3,538	△25.4
酪農	8,067	13.4	9,005	11.6	11,250	24.9	15,582	38.5	16,980	9.0
繁殖牛	2,131	63.5	2,596	21.8	3,841	48.0	5,684	48.0	5,295	△6.8
肥育牛	12,981	△22.2	6,880	△47.0	12,971	88.5	22,393	72.6	9,670	△56.8
養豚	7,780	143.3	15,084	93.9	18,804	24.7	19,784	5.2	31,479	59.1
採卵養鶏	13,569	—	11,913	△12.2	14,688	23.3	17,890	21.8	19,239	7.5
ブロイラー養鶏	6,429	32.7	8,710	35.5	11,200	28.6	16,281	45.4	13,523	△16.9

（注）農業粗収益は、農産物等の販売収入、現物外部取引額、農業生産現物家計消費額、共済・補助金等受取金及び農作業受託収入等の合計で、経営安定対策等の補てん金・助成金、販売価格助成金等を含む。農業経費は、肥料、資材、光熱費など、収益活動に必要な一切の費用を含む。
資料：農林水産省『営農類型別経営統計からみた1農業経営体当たりの経営状況（推計）：平成25年～平成29年』2018年12月より作成。

農業の所得を他の所得と比較参照する追加資料として、「国民生活基礎調査」（厚生労働省）における「当該所得のある1世帯当たり」の平均稼働所得に関する時系列統計を示す（表1.3）。農耕・畜産稼働所得は2000年当時に比べ格段に上昇しているが、年によっては激しい上下変動が見られる。雇用者稼働所得に比較して、著しく低いことには変わりはない。尚、農耕・畜産稼働所得の上下動を伴う上昇は、表1.2が示す最近の農業経営体当たりの農業所得の推移と整合的である。

表 1.3 当該所得のある1世帯当たり平均稼働所得金額（単位：万円）

年	平均所得	雇用者所得	事業所得	農耕・畜産所得	年	平均所得	雇用者所得	事業所得	農耕・畜産所得
2000	627.6	614.6	378.2	105.8	2012	532.7	527.8	266.5	118.5
2003	591.2	578.5	336.1	126.9	2013	527.4	522.3	268.3	114.9
2006	581.0	564.8	372.4	112.5	2014	554.6	553.0	271.9	121.6
2009	543.0	538.4	280.3	118.3	2015	547.2	536.2	303.5	172.0
2010	526.5	524.0	253.5	101.1	2016	574.6	561.3	292.7	234.9
2011	546.6	540.1	250.9	154.4	2017	557.1	546.6	293.8	142.1

資料：厚生労働省『平成30年国民生活基礎調査』より作成。

かつての日本は、大地主家族を除いて、土地そして農地の制約から長男以外は故郷（出

⁷ 日本農業との比較において、米国やカナダの大規模農場経営が想像される。しかし、不安定な農業経営の本質は変わらず、また、米国でも小規模家族農家（農家全体の90%）の生活は農外所得に依存する。例えば、勝又（2018年）を見よ。実際、引退や兼業農家では、非農家世帯への施設リースが見られる。日本同様、各地で新鮮な地元産野菜（有機栽培）を求める社会の動きがあり、小規模収益型農業の成功例が増加すると思われる。

生地)を離れざるを得なかった。しかし、一般的に農業収入・所得が低いまま、やがて第2次、3次部門の産業勃興・拡大によって賃労働による生活が向上すると、農業地帯の長男は土地に縛られるという意味での経済的立場の逆転現象が生じた。非農業による収入の拡大安定は、農村地帯に兼業農家を増加させた。日本の人口動態において少子高齢化が鮮明になると、農業を筆頭に1次部門での後継者不足が一際目立つようになった。そうした農業は、天候任せ、不安定、低収入、重労働、保守性、非都市型生活様式など、若者からは散々な評価にさらされた。優秀な人材は、活躍の場を希望して故郷を捨てたか、都市に奪われた。こうして時が過ぎると、海岸、河川、山、森、緑地、故郷の風景を支えるべき地方の周辺に、空き家、放棄地や荒廃地が増加したのである。重要なことは、非農家を含む多くの人々がこの状態に悲嘆し、放置すべきでないと感じていることである。

企業経営参入が注目されるが、農業の担い手として、家族経営が中心的、支配的であることに大きな変化はない。農業の担い手が再生産されるためには、若者が農業を仕事とし、家族を養える条件が満たされなければならない。しかし、一般的に、農業を仕事として選択した場合、それが保障されていない(盛田、2012年)⁸。かかる状況下、農林園芸と課題解決を志向する工学との融合が期待される。なぜなら、環境改善、食の安全、生産者の安全作業かつ安定的な高収入に向けての装置・機械の導入が実現すれば、積極的な農園芸活動による高い幸福の実現が個人及び社会レベルで可能である。過剰な楽観論は時には危険である。しかし、改善の意欲は将来に関する楽観見通しから生まれ、その改善の方向を示すことが本稿の目的である。農林水産省は、「スマート農業の実現に向けた研究会」を設置(2015年末)、ロボット技術や通信情報技術(ICT)を活用して超省力・高品質生産を実現する新たな(賢い次世代型)農業の実現を謳った。現在(2018年)、農業・食品産業技術総合研究機構と共に「スマート農業加速化実証プロジェクト」を推進している。本稿で言う農工芸融合による今後の第1次産業の在り方として形式上は同方向である。以下、期待される農林芸工融合の幾つかの事例あるいは実際の取り組みを記そう。

(2) 農工芸融合の視角と展開例

2.1 林業

現在、日本では放置された荒廃、未整備森林が各地に目立つ。森林面積が広い割(国土全体の約70%)には、産業としての存在も極小のGDP比0.1%未満である。輸入材との競争力に欠け、収益性が期待できないからである⁹。しかし、工学の進展は日本林業の再生を促すと期待される。作業員に変わる自動化された伐採重機、空からの情報収集可能な小型無人機(ドローン)、各種測定・観測センサー、情報管理・解析のためのクラウドとAI(人

⁸ 盛田(2012年)が「農業という産業を担う経営の確立」を強調し、「国民の叡智を結集して新たな政策手法」を求める姿勢は、本稿でわれわれが示すような具体的方向と整合するよう思う。

⁹ 林野庁は「森林所有者の多くは小規模零細で経営規模を拡大する意欲等が低く、積極的経営を期待できない」(『平成29年度 森林・林業白書』はじめに)と嘆いている。

工知能)の利用が想像されよう。そうした IT 技術や AI の利用を推し進める税制(森林環境税 2024 年)や補助金の導入、人材開発、法人を含む森林の所有・利用・整備、安全な林業、国土・環境・景観保全、防災、持続的な収益性確保に向けた具体的な新展開に成功すれば、新たなスマート林業の未来が描ける。日本経済新聞朝刊(2019 年 4 月 31 日)は、こうした再生に向けたいくつかの新機軸の具体例を報道している¹⁰。要は、IT を用いた森林、樹木、木材需給(チップを含む)、伐採、流通、在庫に関する情報の収集管理を効率的に行い、人力を補完あるいは代替する安全な装置機械を林業に導入することである。

各国は温室効果ガスの排出削減を約束(京都議定書では数値目標設定)している。排出量取引による省エネや削減を計画するが、放出された大気中の CO₂ 吸収の多くは森林光合成に頼らざるを得ない¹¹。農林工融合によって森林の維持・整備が促進されれば、持続性に向けた温暖化防止の積極的貢献としてカウントされるはずである。加えて、手入れされた森林や雑木林が人の癒しを生むというなら、地域住民や市民による森作りへの意義を説くことができる。

しかし、こうした動きを支える経済的背景が要る。営林人材の確保と育成には、全ての職業同様に、一定の安定した所得見通しが必要である。生産性、安全性の向上を目指して高性能な林業機械の導入は魅力であるが、低収益状況を打開するには、林業経営体個々に稼働率と導入(使用)コストに対する慎重な予測と資金経営計画が要る。人々の国産材に対する需要喚起を図ると同時に、住宅供給者の設計・工法の変化が必要かも知れない。外材に代替する日本木材への消費者意識・姿勢、木材(間伐材を含む)の生産技術や利用、製材、加工法、流通形態、小売販売の在り方など、少なくとも木材市場の規模と需給作用が環境問題と人々の幸福感情の醸成に深く関わるのである。国産(産地)材の小売強化、かつての地域地元存在した「材木屋さん」に似る意欲的あるいは意識を超える展開が不可欠である¹²。

2.2 畜産

畜産においても、デジタル技術の高度利用が期待される。以下は、「最先端エッジ AI 技術を活用した牛の行動観察システムを共同開発」とする東京工業大学、信州大学および電通国際情報サービスの共同プロジェクトの例である¹³。東工大ではクラウド側の処理を一

¹⁰ 北信州森林組合、アジア航測、精密林業計測(信州大学)、「ハーベスター」を擁するコマツとの連携、富士通のクラウドサービス、オプティム(佐賀大学)の画像解析サービス、積水ハウスによる国産木材の安定調達の試みが報じられている。

¹¹ 地球環境研究センターによれば、2017 年度の吸収源活動の排出・吸収量は森林吸収源対策 4,760 万トン、農地管理・牧草地管理・都市緑化等の推進 810 万トンによる計 5,570 万トンで、2005 年度総排出量(13 億 8,200 万トン)比 4.0%、2013 年度総排出量(14 億 1,000 万トン)比 3.9%である(『地球環境研究センターニュース』の概要、<http://www.cger.nies.go.jp/cgernews/201907/343004.html>、2019 年 7 月 6 日閲覧)。もちろん、CO₂ 排出削減自体は CO₂ 排出源を抑制するしか方法はない。

¹² 伐採から販売にまで意識的に取り組む弾力的な製造直売かつ森林「循環」を謳う地方材木店(製材所)の展開がある。たとえば、「とちぎ日光材」に拘る田村材木店(栃木県日光市)はその具体的一例(2019 年 8 月 8 日現地訪問)である。

¹³ <https://www.titech.ac.jp/news/2019/043843.html> (2019 年 3 月 25 日版)を参照。

部組み込む最先端エッジ AI 技術を活用した牛の行動観察システムを開発し、信州大学農学部で畜産現場での利用を想定した実証実験を 2019 年 4 月から 2020 年 3 月まで実施するという。上記研究機関の取り組みには、畜産上のアニマルウェルフェアに関する畜産上の配慮がある。食用飼育、展示、ペット飼育においても、対象物の苦痛を軽減すべき人間が行うべき配慮で、世界的にこの意識が高まっている¹⁴。牛の「サイレントボイス」を聴くためのソフトウェアを開発し、酪農・畜産におけるアニマルウェルフェアの普及を掲げる。牛に首輪型センサーを取り付け、牛の行動や姿勢情報を、AI 処理により推定する。最終的には、牛の病気の前兆、発情・分娩の兆候、ストレス状態の推定に向けて研究を推し進める¹⁵。当然、アニマルウェルフェアの尊重は、放牧を含む畜産現場での様々な対応が要請され、管理費用コストの上昇は避けられないだろう。

それにもかかわらず、「人・社会・環境の問題に対して、人を通じて低環境負荷／地球に優しい方法で人々が自ら解決するサイクルの実現」（東工大 COI「動物のサイレントボイスとの共感」チーム）を目指し、地球上の自然、里山、社会、人に存在する今まで測ることができなかった・気づかなかった現象を、サイレントボイスとして把握することは極めて重要かつ意義ある工学的な取り組みである¹⁶。本稿で言う「幸福への農工芸融合」に類する試みとして、今後の進展を注意深く見守りたい。

2.3 農園芸

農業、林業、園芸、造園、畜産、漁業など、高齢化と人手不足は深刻である。既述の林業や畜産と同様に、大小規模の機械、装置、設備、IT 技術は園芸や一般の農業現場にも広範かつ有効に利用される。いわゆる、事、物、装置がインターネットで相互通信する IoT (Internet of Things) 化は、最近の具体的進行例である。

野菜の鮮度と風味を維持するために液体窒素を用いる瞬間冷凍方式がある。たとえば、塩味の茹でた枝豆を冷凍し、解凍すればすぐに食べられるという商品開発の成功例がある。北海道中札内村農協は、大型収穫機、製造プラント、冷凍庫を導入・設置し、品質向上とコスト削減を実現、販路開拓に成功して、所属組合員は全国農協内でのトップクラスの所得（平均 1800 万円超；2014 年）を稼ぐという（日本政策金融公庫、2016 年、81～92 頁）。もちろん、この成功が圃場環境と能動的に活動する地域人材に依存することはいうまでもない。

農林水産省「IT 関連情報（農山漁村における IT 活用事例等）」（<http://www.>

¹⁴ 近年では、「倫理的消費」の畜産対応としてアニマルウェルフェアが示され、外食産業、ホテルチェーンでも同様な動きがある。フェアトレード、循環型生産を含む国連の持続可能な開発目標 (SDGs)、食品安全、環境保全、労働安全等の取り組み（農業生産工程管理 GAP）など、社会的課題を意識する商品開発・展開（市場需給動向）と経営戦略を練る生産者に並んで、価格指標の他に生産物に込められた社会的メッセージを見極める消費者アーティザンの成長と拡大が期待される。

¹⁵ 技術的には、IoT 向けスマートセンシングプロセッサ搭載ボード「SPRESENSE™」（ソニーの商用）、牛行動 AI 分析アルゴリズム（東京工業大学）、クラウドサービス「FACERE™（ファケレ）」（電通国際情報サービスの商標）が基幹要素である。

¹⁶ 畜産現場での飼養、衛生、防疫対策、疾病対策ばかりでなく、野生動物対策についても、AI 技術による効果的な対応が期待される。

maff.go.jp/j/kanbo/joho/it/itkanren.html、2019年5月22日閲覧)によれば、農産物の栽培、収穫、販売(マーケティング)、圃場管理、施肥、耕作、搾乳、経営管理・分析、顧客管理、データ蓄積・管理など、様々な場面におけるIT活用例(自己申告)がある。直販に向けての需要予測と受発注システムや高付加価値、高品質を謳う植物工場の例などが含まれる。

「AIとロボット」(『日本経済新聞』朝刊、2019年4月8日)では、農業人口の減少と高齢化(人手不足と高齢化)に対応する試みとして、最近の農業現場でのIT利用が報じられている。アスパラガスの自動収穫(inaho、神奈川県鎌倉)では、カメラによる画像認識、レーザーとAI解析を通して、大きさを判断し収穫する¹⁷。収穫にはロボットの貸し出しもあり、アスパラ、キュウリ栽培では、作業員4人が1人に節約できるという。果樹の収穫ロボットの利用を提案する銀座農園(株)によれば、梨柿の果物収穫では、生産性が2倍に向上し、農家の収益性が向上するという。肥料や農薬散布(ナイルワークス;渋谷、住友化学・住友商事・他出資)では、画像認識・解析にドローン(装置500万円)を利用し、ドローンを搭載する軽トラックの開発(ダイハツ)も進んでいる¹⁸。ベジタリア(三菱商事出資)では、ITによる農地管理(センサーによる温度、水分、病気予防、収穫時期判断)が行われている¹⁹。松尾は、「画像解析と機械学習による花数、着果数情報の収集」を研究報告(農研機構セミナー、2019年8月)するなど、安価かつ個別農家にも簡易にアクセス可能なシステムとAI利用生育の具体的実現を目指している。

こうしたスマート農業の展開では、耕作や収穫に大小の無人トラクター、無人コンバイン、自律型ロボットの導入が進み、勘と経験に頼った農業が成長産業へと変身し、農産品やシステムの海外輸出が促進される継起になるかもしれない²⁰。また、GPS機能によって

¹⁷ inaho(株)のHPによれば、事業として、AIを用いた野菜収穫ロボットを中心とした農業生産プラットフォーム、一次産業向けソリューションを提供する。別報の深尾(2019年)によれば、露地野菜のキャベツやタマネギ自動収穫機(白菜、ブロッコリー、果実、施設トマトにも利用可)、コンテナ自動運搬車など、農業を支える自動化・ロボット化のシステムが開発され、農作業の軽減と効率化、所得向上が期待できるという。

¹⁸ ナイルワークスは、「空からの精密農業」をビジョンに、完全自動飛行する農業用ドローンの開発、ドローンに搭載した専用カメラで作物の生育のリアルタイム診断、診断結果に基づいた栽培管理を提案する生育診断クラウドサービスの事業を行う(<https://www.sumitomochem.co.jp/news/detail/20190314.html>;2019年3月14日版)。ただし、ドローンが農薬散布を行うには、航空法(国土交通省)、農薬取締法(農林水産省)、電波法(総務省)の各規制を見直す必要がある。内閣府の規制改革推進会議は農業用ドローンの普及拡大に向けた「意見」(平成30年11月8日)を述べ、その後必要な手続きを国土交通省に一元化することが決定されたことから、ドローンの価格と性能次第では農業利用が今後加速すると思われる。

¹⁹ ベジタリアは、農業ICTベンチャーとして、圃場用IoTセンサ「フィールドサーバ」、水稻に特化した「パディウォッチ」、農作業情報と圃場情報を一括管理する営農支援システム「アグリノート」などの課題解決ツールに加え、植物病院「ベジタリア植物病院」を開院するなど、農業分野のイノベーションを目指すという(<https://www.mitsubishicorp.com/jp/ja/pr/archive/2017/html/0000033815.html>;2017年12月21日版)。

²⁰ 前脚注のベジタリアに似た米国カリフォルニア発の「指先ひとつで農場がおもいのまま」とするIT企業の農場管理システム(Ranch Systems, LLC, USA)がある。端末・クラウドサーバー・センサー・リモートカメラによって、農場の土壌水分測定、貯水管理、灌水制御を人によって効率的に行う、というサービスの提案である。農場システム自体は大規模であるが、農家及び事業者の害獣対策、病害予防、芝

土地の形状がより正確に測定・送信されるようになれば、休耕地や放棄地対策にも無人農業機械の利用の道が開かれる。日本の至る所に見られる放棄山林、田畑、牧場、施設、廃屋、廃看板など、安全対策面ばかりでなく、環境・景観保護の観点からも早急に取り組む必要がある。

2.4 再生エネルギーの供給源

第1次産業関連の現場では、再生可能エネルギー活用の可能性が大である。再生可能エネルギー資源の代表例として、太陽光、風力、地熱、バイオマス（生ごみ、可燃ごみ、木・竹屑、家畜排泄物など）や小水力発電のための農業用水路や溪流が考えられる。耕作放棄地、放棄牧場や破綻ゴルフ場などに、工事価格の低下もあって太陽光パネルの設置が急増している。太陽光発電、バイオマス発電、小水力発電事業には団体、自治体や地域住民による取り組みがあるが、利用・制御の管理システムが整えば、CO₂削減効果はもとより、農業、農村、近隣住民への生活の糧として利用のポテンシャルは高い。農林水産省食糧産業局「農林漁業の健全な発展と調和のとれた再生可能エネルギー発電を行う事例」（2018年10月第3版）によれば、建設費900万円の小水力発電の事業規模から国内最大級のバイオマス（鶏糞）発電となると建設費は約41億円に達するが、いずれの事業についても営農と資源循環型社会への貢献が強調されている²¹。

再生可能エネルギー事業の拡大は、温室効果ガス削減に加え、エネルギー自給率の上昇に貢献する。しかし、異なる発電システムでは、異なる原価による発電コストを生む。割高な発電コストは割高な料金に跳ね返る。省エネ・再エネ補助金行政の在り方や再エネ発電賦課金が電気料金に加わるとき、国民の間には便益と負担を巡って不公正感が生じかねない。公共料金や公共財の需給にまつわる永年の課題である。

2.5 CO₂の利用農園芸

二酸化炭素（CO₂）は地球温暖化の原因ガスのひとつとされ、排出量の削減が地球規模の課題となっている。他方、CO₂そのものは生物の生存に不可欠である。奈良県農業総合センターは、農業へのCO₂の積極的利用と意義を次のように要約している²²。植物はCO₂と水を原料として、光合成によって生きていくために必要な糖を作る。現在の大気中CO₂濃度は約0.04%で、植物の光合成には不十分で、CO₂濃度を0.1~0.2%に高めた空気を与えると植物の光合成が盛んになり、生育が早くなることが分かっている。実際、農業の生産現場で、積極的にCO₂をハウス内に導入して収量を増やしたり、品質を向上させたりするCO₂施用という技術がすでに用いられている²³。農業総合センターはこうしたCO₂施用の

育成・管理の小規模な個々の事例にも利用可能と思われる。

²¹ <http://www.maff.go.jp/j/shokusan/renewable/energy/attach/pdf/zirei-111.pdf> (2019年5月19日閲覧) 参照。

²² <http://www.pref.nara.jp/22515.htm> (掲載日2010年12月19日); 『奈良新聞』掲載記事集より) を参照。

²³ たとえば、イチゴ（とちおとめ）の場合、日中のCO₂濃度を700~1000ppmとするCO₂長時間施用と高めの培養液の給液によって、CO₂無施用に対して39~45%収量が増加したという研究がある（加藤・他、2015年）。また、トマトについて、CO₂施用濃度を1000ppmとして、1株あたり可販果収量は、無施用区で8.7

研究を継続的に進めており、その研究成果を基礎として、奈良県内産地でもイチゴの収量増加、バラの収量および品質の向上、シクラメンの日持ち性の向上などに活用されているという。さらに、総合センターでは、現在普及している施用技術では、灯油を燃やして発生するCO₂を利用するため、大気中に放出するCO₂量が増加するから、大気中に放出するCO₂量を減らしながら、増収効果を得られるような技術開発を国の研究機関などと共同で進めている。また、冬期のイチゴやバラ栽培では、ハウスの暖房による排気ガスとしてCO₂が常に発生する。そこで、この排気ガスから作物に害を与える物質（NO_x、SO_x等）を除去した上で、CO₂を回収・貯留し、作物がCO₂を大量に必要とする時間帯と場所に施用する方法を検討している。これまでに、コマツナを用いた小規模の実験で、浄化した排気ガスによる生育促進効果を確認しているという。もちろん、施設園芸におけるCO₂施用による生産性向上とCO₂排出量の削減の両立は、奈良県農業総合センターのみが抱くローカルな願望ではない。

千葉県農林総合研究センターでは、『特別報告』（第3号2012年）において、「低濃度二酸化炭素施用が促成栽培キュウリの収量に及ぼす影響とその経済性評価」を報告している（<http://www.pref.chiba.lg.jp/lab-nourin/nourin/kenkyuuhoukoku/documents/cafrcs3-4-8.pdf>、閲覧日2019年5月8日）。CO₂施用による経済効果は非常に大きく、無施用に比べて収量は155%（500ppmの場合）増加し、施用装置の原価償却費、液化二酸化炭素代を差し引いても増収効果は顕著であった。「報告」は、最適CO₂濃度も視野に、500ppm、1000ppm濃度のCO₂施用による果実収量が無施用に比べて39～55%増加し、プラスの経済効果は明白と結論づける。

佐賀県内では、半数以上のイチゴ生産者がCO₂発生装置をすでに利用（400ppm目標のタイマー制御）しているという。佐賀県農業試験研究センターが行った研究（2014～2017年度）の成果報告「イチゴ『さがほのか』のCO₂施用による増収と経済性」は、以下のようなデータを得た（http://www.naro.affrc.go.jp/laboratory/karc/prefectural_results/files/29_5_05.pdf、閲覧日2019年5月8日）。CO₂濃度（ppm）と光合成速度の関係は無理関数で近似可能な増加関数（1000ppm以降は穏やかな上昇）である。高い濃度（800ppm）は低い濃度（400ppm）に比べ、Brixは高く、出荷経費、機材費（LPG燃焼式CO₂発生装置のレンタル料など）、LPG燃料費を差し引いても、収量が増加（約25%）することから単位あたりの収益を有意に増加（87千円/a）させるという。

CO₂の投入がプラスの収益を生み出す構図は図2.1に示される。栽培技術と市場条件を介して、生産農家の収益が決定されよう。最適なCO₂の投入量は、収益（収入マイナス費用）を最大にするE点で示される。生産技術の向上は、品質（糖度、形、栄養価などの諸面を含む）を向上、生産量を増加させ、単位当たりのコストを引き下げよう。そのこと自体が当該収穫物に対する消費者の高評価・嗜好変化を促し、需要増を引き起こすかも知れない。

kgであったのに対して、午前施用区で12.1 kg、日中施用区で12.3 kgと、CO₂施用により有意に増加した、という研究（伊藤・他、2016）がある。

その場合、市場価格が上昇し、収量に変化がなくても、図中では第3象限の線形グラフがより急勾配（破線）になって収入が増加し、収益構造は改善される。

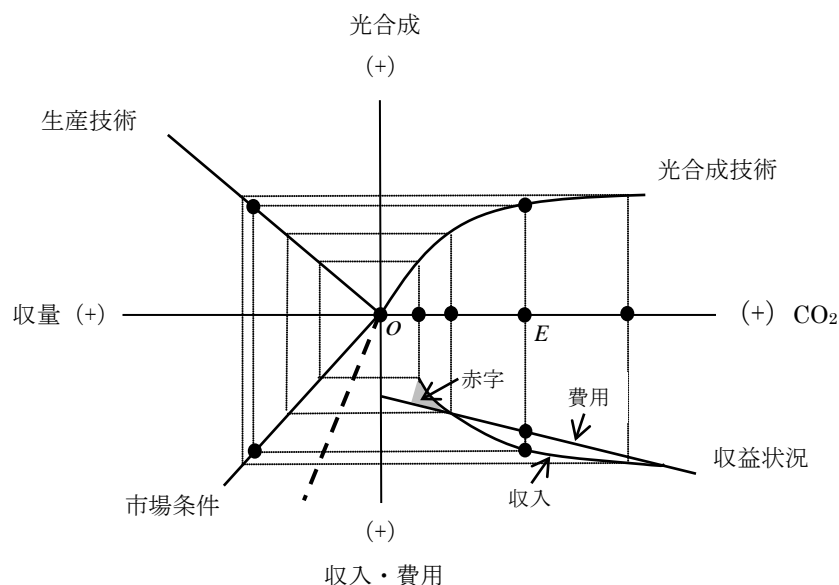


図2.1 収益とCO₂投入量

ちなみに、大気中のCO₂濃度の上昇が作物に与える影響が研究報告されている。たとえば、大豆に関して収量増加を予測する東北農業研究センター（2015年）²⁴ や米品種「タカナリ」に関して増収・品質維持を確認する長谷川・他（2015年）²⁵ などがある。もちろん、これらの研究が大気中のCO₂の増加を望んでいるということではない。

他方、CO₂濃度の増加が収量の増加に単純に結びつかない場合も報告されている（岩崎泰永・梅田大樹・鈴木真実、2017年）²⁶。気温、光、湿度、気流速、養分供給など、CO₂以外の異なる環境要因に影響されると見る。それゆえ、様々な外的条件を考慮する効率のよいCO₂施用方法が求められる。上記研究報告に従えば、CO₂濃度とのベストマッチを考える加湿制御や気温管理が有効である。このような実験結果を踏まえれば、施設園芸においてセンサーなど、デジタル技術による監視、認識（観測・測定）、解析、収穫、そしてその精度向上がますます重要となる。

²⁴ https://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/tarc/2015/tarc15_s15.html（2019年5月8日閲覧）より。

²⁵ 長谷川利拡・張国友・酒井英光・臼井靖浩・朱春梧・吉本真由美・福岡峰彦・常田岳志・中村浩史・小林和彦「多収品種タカナリの高CO₂濃度環境における子実の成長特性～高CO₂濃度で増収に寄与する一要因～」平成27年度主要成果報告（http://www.naro.affrc.go.jp/archive/niaes/sinfo/result/result32/result32_30.pdf、閲覧2019年5月8日）より。

²⁶ http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/nivfs_report01-5_1.pdf（2019年5月8日閲覧）より。

(3) 現代農業ベンチャーの未来

IT、特殊性フィルム、エアコン、水処理装置、CO₂ 供給装置の技術開発は、水耕栽培を可能にした。例えば、ドーム型野菜工場ではレタスなど葉物野菜の水耕栽培が実際に始められた。しかし、必ずしも期待通りの生産及び販売実績は得られず、この農業ベンチャー企業の破綻が報じられた。結果的には、技術的新機軸に期待する安易な取り組みと過剰投資が問題視された。NHK ニュース「おはよう日本」(2017年7月21日)における『「夢の植物工場」黒字達成が困難な理由』(けさのクロズアップ)も、植物工場の「黒字を達成した企業は19%にとどまり」、「天候に左右されず、安定した生産ができる『未来の農業』」の前途は容易ではない(<https://www.nhk.or.jp/ohayou/digest/2017/07/0721.html>、2019年4月27日閲覧)、と報じている。小規模実験現場でのデータが大量生産可能な大規模植物工場やハウス内では必ずしも再現あるいは役立たず、工場での(高い固定および限界費用による)単位生産コストが割高になり、工場生産現場のノウハウに加え、一般レタスとの競争を踏まえた事業経営としてのマーケティングの積み重ねが必要である²⁷。

レタスに対する需要は購買主体によって異なる事情が考えられる。実際、上記ニュース記事中においても、業者によるリーフレタスに対する需要が見込まれる。すなわち、生産物の差別化が可能である。供給安定性、安全性(無農薬)、雑菌予防などの効果が認められれば、価格の高低にさほど拘らない、質ないしは技術的背景に基づく加工・業務用の新規需要が生まれる²⁸。

この事情は、図3.1のようなグラフで直観できよう。一般レタス Y (量 y 、価格 p_Y)と工場レタス X (量 x 、価格 p_X)は、異なる主体(一般消費者と加工業者)間の事情に応じて、一定程度には代替可能(一般消費者の場合は破線、加工業者は実線)とする。この図では、加工業者が特に X に拘る場合を描いている。すなわち、消費者と加工業者の両者にとって価格比は同じであっても、加工業者においては X に対して Y の代替する力は弱い。直線 m_0 は、消費者と加工業者がレタス購入に準備する定量の支出規模 \bar{m} を反映する直線である。 x と y の入手可能量を示す $\bar{m} = p_X \cdot x + p_Y \cdot y$ のような支出線で、一定規模 \bar{m} に従う工場レタスと一般レタスの組合せ (x, y) を示す。両主体にとって、最も得をする最適点はそれぞれの黒丸で示される x と y の購入量である。植物工場での生産性向上によってリーフレタ

²⁷ 施設園芸、植物工場、畜産施設などでは、周囲とのバランスから景観破壊という批判がある。耕作放棄地利用のサイドビジネスにおける太陽光発電のパネル設置についても同様である。また、牧場、畜産、養鶏、養豚施設からの悪臭や排水についても環境問題として取り上げられる。住宅地近接の場合には、この種の環境悪化はコミュニティ内においてもしばしば深刻な摩擦となる。農工芸融合プロジェクトは、第1次産業由来のこうした環境問題も同時に解決しなければならない。

²⁸ 野菜に関する消費者意識を調査した「平成29年度下半期消費者動向調査」(日本政策金融公庫農林水産事業、平成30年1月実施、3月14日公表)によれば、「見た目」や「安全性」では植物工場、「おいしさ」や「栄養価」については通常の栽培に良いイメージを持っているが、「ほぼ同じ価格または割高でも植物工場で栽培される野菜を購入する」という回答が増加しているという。https://www.jfc.go.jp/n/findings/pdf/topics_180314a.pdf (2019年5月26日閲覧)より。

スの供給価格 p_x （一般レタス価格 p_y は不変）が下がれば、加工に計上する支出規模 \bar{m} が同じであっても、支出線の勾配は穏やかになり x が増加するだろう。当初の最適点 a から変化後の最適点 b に変化する。このようなシフトが市場規模で生じれば、工場レタス生産の経営は改善される²⁹。他方、レタスの市場規模が一定不変であれば、一般レタスの生産農家は競争上のストレスを強いられる。

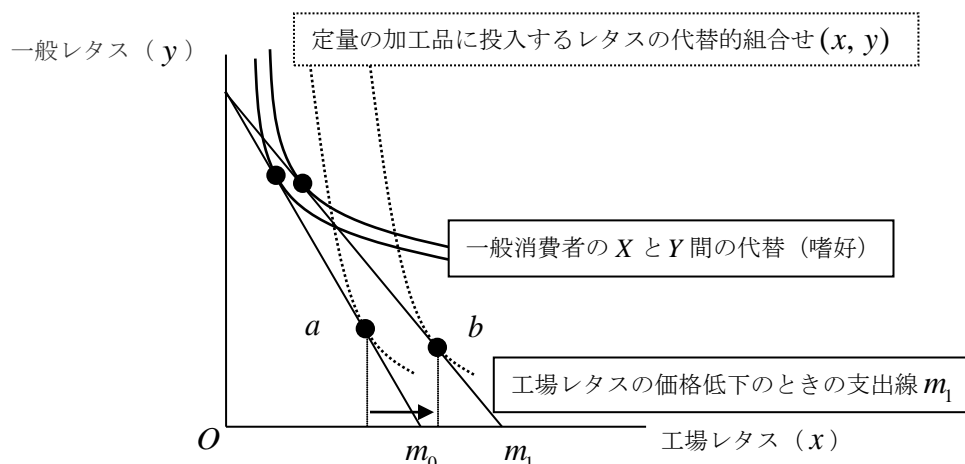


図 3.1 工場レタスと一般レタスの代替

表 3.1 耐用年数期間の収益系列

(1) 投資額	1 億円									
(2) 耐用年数	10 年									
(3) 償却後設備価値	0.1 億円									
t	1 年目	2 年目	3 年目	4 年目	5 年目	6 年目	7 年目	8 年目	9 年目	10 年目
収益 R_t (億円)	-0.2	-0.1	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.3	0.2

農業者は、将来を予想して、当該 IT 化プロジェクトの善し悪し（損得）を判断しなければならぬ。プロジェクトの経費が予想収益を上回れば、このプロジェクトは会計上の損失をもたらす。企業が物的投資を検討する際に用いる経済学の教科書例が参考になる。表 3.1 における 10 年間の収益（＝総収入－総費用）系列は、農家が何らかの根拠の下に形成する予想値である。身近な経験値例や動物的勘であるかも知れない。また、それは将来に対する心的楽観・悲観予想に大きく影響される。このケースでは、予想平均収益率＝約 0.063

²⁹ 実際、レタス全体に対する堅調な市場需要を背景に、品種改良や特に使用光源の LED 価格の低下によって工場レタスの出荷価格は低下している。リーフレタスが浸透し（前脚注 28）、一般（結球・玉）レタスに対する代替度が徐々に増すと思われる。最近の関連動向として青山（2019 年）、また植物工場における栽培技術及び品種開発については丸尾（2019 年）を見よ。

(6.3%)と計算される³⁰。収益率が市場金利を上回れば投資は合理的であるが、あくまでも将来予想形成の精度が肝心である。ただ、将来に関する不確実性はあらゆる経営体が直面する不安要因で、少なくとも製造工業に比較して、制御困難な確率的現象に晒されやすい第1次部門（施設・工場生産を含む）では殊更である。

少なくとも、投資を回収できない事態は回避したい。穏やかに増加する収入の増加に伴い経費は当然増加するだろう（図3.2）。しかし、費用節約型の技術革新があれば、費用関数は下方へシフトし（破線）、収益系列は改善される。第1次産業の後継者・人手不足を考慮すれば、労働節約的な技術の開発が期待される。低金利時代において投資意欲は一般に旺盛になるが、残念なことに、災害を含む予想外の出来事、費用見積もりや生産・売上げの判断を誤ることから、現実にはしばしば事業破綻が生じる。金利水準云々というよりも、事業自体に将来性があるか否かの見極めが重要である。いわば、企業ビジネスの世界と同様に、現代農業は企業経営者のスピリットが求められる。

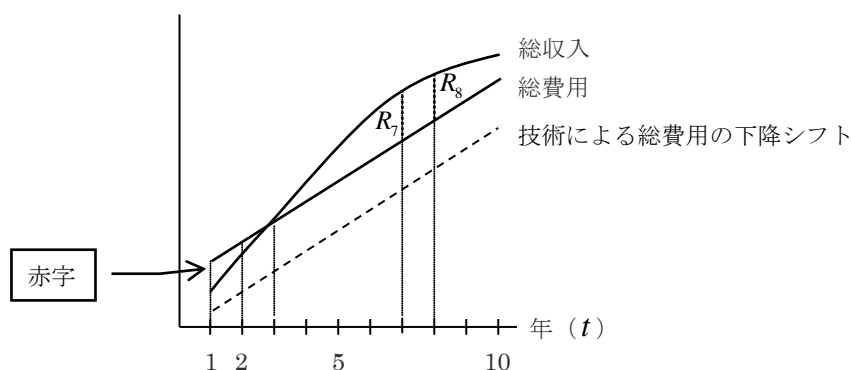


図 3.2 収益の流れ

一般的に、農業生産物の価格形成力はゼロあるいは非常に弱い。全国、地域、グループ、個別生産者のどの面から見ても、当該生産物に関する需要の価格及び所得弾力性は小さい³¹。

³⁰ 表のケースでは、 $1 = \sum_{t=1}^{10} \frac{R_t}{(1+m)^t} + \frac{0.1}{(1+m)^{10}}$ を満たす m の値で、少数点第4位を四捨五入している。

³¹ 本来なら喜ぶべき豊作が供給増加による生産物価格の急落を生み、その価格低下に関して需要の反応が鈍ければ、生産者の売上げ自体が減少して赤字経営となる極端な場合が考えられる。いわゆる、豊作貧乏である。売上収入 $R \equiv p_x \cdot x$ を $\log R = \log p_x + \log x$ とし、時間 t に関する導関数 $\frac{1}{p_x} \frac{dp_x}{dt} + \frac{1}{x} \frac{dx}{dt}$ か

ら $\frac{1}{p_x} \frac{dp_x}{dt} \left[1 + \left(\frac{1}{x} \frac{dx}{dt} \right) / \left(\frac{1}{p_x} \frac{dp_x}{dt} \right) \right]$ を得る。 $\frac{1}{p_x} \frac{dp_x}{dt} < 0$ (価格低下) のとき、[] 内の第2項 (価格変

化に基づく需要変化: 価格変化率に対する需要の変化率) が「1」よりも小さければ、売上収入成長率 $\frac{1}{R} \frac{dR}{dt}$

はマイナスとなる。収入の減少を相殺する以上に総費用を削減出来なければ収益は悪化する。供給過剰の懸念がある中で、供給生産コストが上昇し、海外からの輸入増加、他産地からの出荷攻勢や風評被害等による負の需要シフトに直面すれば、収益状況は最悪である。東日本大震災時 (2011年3月11日) の原子力

特に必需品としての生産物はその傾向が強い。実質的な所得増があっても 1 次産品（食料品）が大幅に消費需要されることはない。他方、価格の変動が生じて、必需品であることから需要に大幅な変化は起こらない。イチゴやメロンなどの嗜好品は、一般青果物に比べて弾力性は高いだろう。その意味で、特産品・ブランドの強調、品質（糖度、栄養価、形）を訴求することによる独占的な市場支配の差別化戦略は当を得ている。しかし、人の食欲や保存の限界、代替ブランド製品の存在を考えると、典型的な嗜好品というほどの高い弾力性、強い差別化は期待できない。価格形成力は強力ではない。もちろん、こうした状況下でも、販路・販売方法を工夫することによって、価格低下及び引き下げによる需要刺激、経費節減による収益率の改善が可能である³²。栃木県内の「道の駅」の例では、価格受容者としてではなく、農家出品者による売上げ実績を眺めながらの価格形成（自主的販売価格決定）の醍醐味が報告された（岡村・他、2018年）。農家の価格設定や販売先に関して自由度を高める直売を支援するような IT 活用事業の展開が期待されよう。こうしたビジネスモデルの延長上では、地方の農家生産者と都市消費者との間でのマッチングが仲介される³³。

農工芸融合には、IT と農家を結びつけるベンチャー中小企業の新規参入とその拡大・成長が不可欠である。担い手が特別な技術や資金背景を有する起業家である必要はない。ライフスタイルとの両立を目指す企業家、桑本（2019年）が言う「ゆるやかな起業家」でもよい。要は、社会的貢献を意識し、行動の過程で働き甲斐や自己実現（幸福）を追求する企画立案者である。「ゆるやかな起業家」は農家自体や NPO であってもよい。展開に並行する金融サービスの民間・公的金融機関や証券投資家の意識的参画が必要である。農工芸融合の成否は、こうした幸福を体現する各種アーティザン主体の各場面での活躍と、その有機的結合（協同）にかかっている。その際、経済学者はアーティザンの持続的躍動を支

発電所事故を受けて、東北地方における豊漁（鯛）の際に同様な事例を観察した。供給過剰は、自然要因による増産と需要低調・下落が背景にあるが、燃料代等の要素コスト変化に対応する品種や栽培・出荷時期など、産地農家の行動変化によって生じる（拡大する）場合がある。

³² 各農家が価格形成する場合でも、周知の市況よりも高く設定すれば需要は激減し、低くしても僅かな増加でしかない。価格設定の上下動に対して屈折するような需要曲線に直面する。農林水産省による平成 29 年度（2017 年度）「食品流通段階別価格形成調査（青果物調査）」によれば、生産者が消費者に直接販売した場合の生産者受取価格の割合は 80.1%で、集出荷団体に出荷し流通段階（集出荷団体、卸売業者、仲卸業者及び小売業者）を経由する場合の 47.5%、小売業に販売した場合の 77.5%と比べれば高い。生産者の青果物全体の出荷先別販売金額割合をみると、集出荷団体（農協等）が 71.0%と最も多いことから、流通経路の再検討による経費削減、差別化による価格形成力の向上を工夫すれば、営農の将来は開ける。もちろん、IT 技術の利用が生産面や販売管理面で成功すれば、供給コストの低下と顧客の確保・拡大が実現する。

³³ 実際、持続可能な農産業と流通革命によって生活者を豊かにすると謳う（株）農業総合研究所によるベンチャー事業例がある（<https://www.nousouken.co.jp/company/philosophy>、2019年6月7日閲覧）。また、「危機に直面する伝統産地」（農業技術通信社『農業経営者』2012年8月号～2013年1月号）を見よ。同上誌 2012年11月号～2013年1月号には、後出の田原市における農業経営者（電照菊）に関する興味深い取材記事が掲載されている。農業における流通改革・生産改革・教育改革を「農業×ANY=Happy」で体現しようとする加藤（2019年）の社会活動は、本稿の農工芸融合で描かれるアーティザンのそれと整合的である。改革活動は同時に林業（木材需給・取引）にも有効と思われる（前節 2 及び脚注 12）。

える最低限の経済的条件を明らかにしなければならない³⁴。

(4) CO₂の社会的利用

後世に豊かな環境を残すことは先人の義務である。しかし、産業革命以降、人類の生活はCO₂を大量に排出せしめた。しかも、工業化による経済成長はCO₂を吸収すべき活発な森林面積を削減し、地球上の炭素循環の営みを毀損し、遂には「温暖化」という地球規模の環境破壊を犯してしまった。かくして、われわれの社会的課題は自明である³⁵。CO₂の削減はもとより、より積極的に、排出されるCO₂の利活用を考える必要がある。われわれがこの社会的課題に挑戦するためには、工学、生物学、農・園芸学、倫理学、社会学、経済学、政治学、経営学などの知見を用いた総合的なアプローチが不可欠である。

4.1 CO₂の資源化

物を燃やせばCO₂の発生は免れない。また、火山活動や生物の呼吸によっても、CO₂は自然に発生する。ところが、人類の生存にとって脅威と恐れられている地球温暖化の原因となる温室効果ガスの65%は、化石燃料由来のCO₂であると指摘されている（国連気候変動に関する政府間パネル（IPCC）『第5次評価報告書：気候変動、2013年』）。温暖化を防止するには、CO₂の発生あるいは少なくとも大気中への放出を抑制する必要がある。化石燃料を大量に使用する発電部門とエネルギー消費型企業・産業は、省エネ・低炭素に向けた相応の技術革新が求められる。エネルギー消費やCO₂排出には中立的とみられた農業セクターでも、温室栽培での重油や灯油の消費が年々増加傾向にあることから、いわゆる「施設園芸」部門でのCO₂排出の削減対策が急務とされる（IPCC『第4次評価報告書』2007年、農業環境技術研究所『農業と環境』2011年）³⁶。まさに、「農工芸融合」が求められる所以である。消費現場や各産業の生産活動において省エネルギー・低炭素化技術の採用・開発が進行しているが、「CO₂ゼロ」の実現はいまだ遠い道程である。

CO₂自体は生命体に不可欠な要素であり³⁷、また、燃料や化学原料・製品への工業的利

³⁴ 「自己実現」は、Okamura (2018) で示した職の選択、職場、仕事、労使のマッチングにおいて、ミスマッチを回避した高い厚生状態に対応する。

³⁵ 持続可能型社会を当為とすれば、環境保護は必然で、地球温暖化をもたらすCO₂の削減は社会的善である。消費者や生産者の省エネや排ガス削減は、個人や経営者の幸福や達成感に連なる自己実現の行動である（岡村・他、2018）。この持続型可能社会では、「環境を守る」という個人の自主的追求が構図の背景で、単に行政や公共の制御に従った受身の結果を重視するものではない。もちろん、これは行政本来の果たすべき義務を免除することではない。行政は社会的意識を携えた市民あるいはNPO（農工芸アーティザン）活動をその役割として支援することである。

³⁶ 農産物のCO₂排出量参考値については、農林水産省 HP (http://www.maff.go.jp/j/budget/yosan_kansi/sikkou/tokutei_keihi/seika_h22/kanbou_kankyuu_ippan/pdf/60100007_02.pdf, 2019年4月27日閲覧)を見よ。算定するCO₂は、農業生産に用いる資材・燃料等の生産・使用により排出されるCO₂、さらに、肥料の窒素分や残さのすき込み分などが圃場を経由して排出（放出）されるCO₂の2種類である。当然、施設栽培におけるCO₂の排出が際立っている。

³⁷ 農業・食品産業技術総合研究機構花き研究所によれば、CO₂は作物の生育（光合成）を促進することが知られ、CO₂濃度を上げると葉野菜で25～30%、果物で20%程度、花きでは40%程度の収穫増が認められるという。

用が試みられている。すなわち、CO₂に資源としての有効利用の道がある。たとえば、既述の施設園芸の例では、CO₂の適量を供給することによって収量の増加が望めるから、最近では一台10~40万円ほどのCO₂発生装置がしばしば導入される。CO₂を肥料のように投入し収量が増加すれば、農家に経営の改善と安定がもたらされる。CO₂が資源として利用可能になれば、通常のマイナス・イメージは幾分緩和される。より積極的に、低コストでCO₂を分離・回収・貯蔵できれば、大気中のCO₂削減と資源としての二面利用が可能になる³⁸。

CO₂が栽培・生産に有用な投入要素であれば、CO₂に対するマーケットが成立する。CO₂排出企業には転じてCO₂供給者としてビジネス・チャンスが生まれ、社会には新たな付加価値を生む雇用機会が創出される。この場合、施設園芸農家はCO₂の需要者である。排出企業にとって、CO₂を農家に低価格で供給できれば、農家の収益構造が改善され、社会からはCO₂対策に積極的に取り組む企業として一定の評価が得られる。明らかに、農・工の両者にとってCO₂取引は利益をもたらす。CO₂排出企業の社会的責任を全うする行為から、製造過程における負の副産物が転じて企業価値を高める正の素材要素に変身するのである。

いま、地域にCO₂を大量に排出する事業体があるとしよう。例えば、大型の民間製造業プラント、発電所、公的清掃工場・焼却炉などが想定される。これらは社会的責任としてCO₂排出抑制あるいは「排出ゼロ」を謳っている。

ここに、多数の施設園芸農家が隣接して存在するとしよう。農家は重油を燃料とするボイラーを加温装置として用いている³⁹。化石燃料が消費されCO₂が排出される。また、施設園芸におけるCO₂利用の利益を知っているので、少なくとも簡易のCO₂発生装置を設置したい。ここで、加温装置から排出されるCO₂を自前で回収すれば、ハウス内リサイクルが生まれる。さらに、装置からの廃熱も無駄にせず利用したい。しかし、排気・廃熱利用のリサイクル型加温エンジン装置は高額である。これには相応の設備投資とコスト増を覚悟しなければならない。加えて、CO₂発生装置の稼働は高温・多湿の夏場にも熱を追加的に供給してしまう。

かかる状況下、隣接するCO₂排出工場プラントからCO₂が安価に供給されれば、CO₂発生装置は不要となる。隣接プラントから廃熱も利用できれば、ボイラーの燃焼も抑制でき、CO₂排出削減と栽培コストの低下（それゆえ収益の増加）が同時に可能となる。

しかし、CO₂排出工場と園芸農家を人為的に集約する地域構想は非現実的である。最大の障害は、土地所有と利用の調整である。それゆえ、CO₂排出と利用がうまくマッチし得る現存の地域を選んで構想することが現実的である。幸い、国内でいくつかの地域が該当

³⁸ この点、発電所や工場など排出源でCO₂を回収、製品（あるいはパイプライン供給）にすることが望ましいと思われる。

³⁹ 重油は農林部門におけるCO₂排出源とし70%（2007年）を占める。それゆえ、最近ではヒートポンプの利用が促進される（全国農業組合連合会『グリーンレポート』No. 484、2009年）。ヒートポンプ・蓄熱センターによれば、使ったエネルギー以上の熱エネルギーを得ることができ、CO₂排出量を大幅に削減できるといふ。ただし、この利用は電気代コストと重油燃料価格の相対比に影響される。

すると思われる。既存の取り組みとして、佐賀市は清掃工場（ごみ焼却）で発生する CO₂ を分離・回収して、野菜の栽培に利用する実証実験を 2014 年に開始している⁴⁰。

4.2 CO₂の需給

ガス排出事業者が CO₂ を分離・回収しポンペに詰めて製品化することが最も容易に思われる。実際この技術は確立している。CO₂ 排出企業にとって新たな設備投資が加わるが、CO₂ ポンペの販売収益が追加投資コストを下回らなければ、事業成績の足枷となることはない。むしろ、大気中への CO₂ 排出量を抑制し、近隣農家の経営安定に役立てば、農工芸間にウィンウィンの関係が成立し、企業ブランドの向上も期待できる。

トマト、メロン、イチゴ、花卉類に関して、 y を収量、 x を CO₂ の投入量とすると、 $y = f(x, \dots)$ ($\partial y / \partial x > 0$) であることが判明している（前出図 2.1 参照）。栽培農家の純収益が $R(y) = p_y y - (p_x x + \dots)$ であるとき、CO₂ の輸送コストを含む供給単価 p_x が十分に安ければ ($p_x \leq \partial R / \partial x$)、栽培に最適な CO₂ を購入し投入することが合理的である。他方、CO₂ は企業の主製品生産物（量を z ）の副産物として製造過程で不可避に生み出される。CO₂ は社会的コストである。ここで CO₂ が市場で売買取引され、その際の施用 CO₂ 供給量が $g(z)$ で、農家需要が $x = \phi\{p_x, g(z)\}$ に従うとき、CO₂ 排出企業の収益 $\Pi(z)$ は総費用を C とするとき $p_z z + p_x x - C\{z, g(z)\}$ である。 $x = g(z)$ で $p_x > \{\partial C(z, x) / \partial x\}$ ($\partial \Pi / \partial x > 0$) であれば、CO₂ 市場の出現は、農工に利益を生み出し、地域経済にはプラスになる。

ただし、施用 CO₂ に対する一定の市場需要があつてより高い p_x の設定を排出企業に許せば、CO₂ 多量排出技術が採用される懸念が生じる。それゆえ、排出企業の生産技術は、排出 CO₂ の量を $CO_2(z)$ と記すとき、 CO_2/z を最小にするように社会的に規制される必要がある。もちろん、社会からの評判を恐れる企業は、CO₂ 排出を最小にする技術を選択するであろう。企業にとって、CO₂ 排出量は価格 p_x に独立である。もちろん、 $CO_2 \geq g \geq x$ と考える。

CO₂ 供給単価（価格）は、排出企業の技術上の制約で決定される⁴¹。その水準は企業の「社会的責任全う指数」として社会に公表され得るから、CO₂ 供給による企業の追加的な利潤行為は事実上回避される。地域に貢献するという構図の CO₂ 排出企業の評価はプラスのブランド・イメージを形成する。あるいは、主製品のブランド・イメージをさらに高めるであろう。企業にとって、近隣農家に CO₂ を供給するための追加的投資を躊躇する強い

⁴⁰ 清掃工場内の CO₂ 分離・回収装置から一定濃度の CO₂ を供給する植物工場におけるレタス栽培を実験する。バイオマス発電からの売電の他に、CO₂ を再利用して循環型のエネルギー供給の仕組み具体化する試みである。この佐賀市の例は、再生エネルギーの利用実態のデータを含め、「ごみと下水から電力・熱・水素を地産地消、排出する CO₂ は植物工場に」『スマートジャパン（2015 年 02 月 03 日 公開）』（<https://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1502/03/news018.html>、2019 年 5 月 10 日閲覧）で紹介されている。最近では、CO₂ と余熱の同時利用が計画されているようである。

⁴¹ 企業のプライシングの自由度は尊重されるが、生産物の性質上その価格設定は公共的観点からの規制を受ける。いわば、公共料金の範疇である。

理由はない。農家にとっても、CO₂は魅力ある投入要素であるから、排出企業からのCO₂購入において、供給単価が少なくとも農家自身によるCO₂発生費用よりも安いと見積もられれば底堅い需要が生まれる。灯油あるいはガス燃料価格が上昇すれば、農家の関心はあっというまに高まる。農家による施用CO₂の購入は、農業圏におけるCO₂排出量の削減に繋がる⁴²。

事業者が分離・回収したCO₂は、パイプラインを通して各ハウスに供給できるかも知れない。あたかも、上水道設備に似ている。しかも、ガス漏れによる危険性もないことから、埋設・設置コストは相対的に低く抑えられる。ただし、設置工事に伴い地域住民や自治体との調整や関連の許諾・認可が必要となろう。

また、CO₂を水分子の結晶構造に取り込むハイドレート方式も考えられる。温度調整によりその構造からCO₂を容易に気化させるだけでなく、夏場には作物の培地温度を引き下げることにも可能である（ハウス全体を冷やすほどの冷熱効果作用は期待できない）。ただし、搬送にタンクローリー車両を使用することになるから、配給コストは割高になると考えられる⁴³。

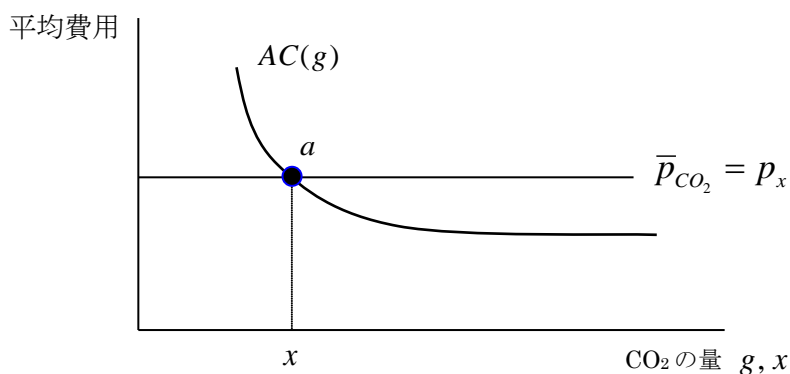


図 4.1 CO₂供給と市場規模

ポンペ、パイプライン、ハイドレートであれ、需要側の規模が決定的に重要である。CO₂の供給コストは規模の経済性に従う⁴⁴。すなわち、地域においてどれだけの需要量 x と需要

⁴² 冬場には排熱も直接に利用できると思われる。あるいは、温水供給に利用することも可能で、排気ガスの広範な利用が考えられるだろう。実際、農業圏が夜間ハウス内の温度を維持するために使用するボイラーからのCO₂排出は深刻である。それゆえ、排熱利用が実現すれば、CO₂を削減するもう一つの有力な経路が生まれる。この点については、本稿後半部の「熱利用」（田原市のケース）で触れる。

⁴³ コスト試算を含む代替的なCO₂供給については、Matsuo, et al. (2017)を見よ。

⁴⁴ 低供給単価の実現は規模の経済性という観点から一般に議論できる。ただ、現実には、生産量の拡大と対応する市場規模を整えるという単純な経路ではない。考案・採用される技術があり、その技術は一定のシステム規模を必要とする。たとえば、大幅なコスト削減を可能にする化学吸収法や膜法が期待されるが（後出図 4.5）、このCO₂分離技術は大規模システムを必要とする。ハイドレート法は、相対的に小規模で済むが、関連施設（LNG サテライト）や水の利用が前提である。目標にする供給単価の低下を導く規模の経済性を得るには、相応の技術と設備が要り、それに対応する市場規模と価格が期待される。

額 $p_x x$ が見込まれるかの需要推定が企業側にとって市場参加の要件である。たとえば、CO₂供給企業が1社としよう。平均費用カーブ $AC(x)$ がL字型で、公共料金として独立に $p_x = \bar{p}_{CO_2}$ 、地域需要量が $x(\bar{p}_{CO_2})$ のようであれば、 a 点よりも左側では需要規模が小さすぎて損失が発生する（図4.1）。企業がCO₂を供給するには、一定規模の社会的需要と料金水準を必要とする。この際、CO₂供給企業による地域独占は、公共利益（独占禁止法適用除外）として容認される必要がある。

4.3 オランダの実例：大型加温装置からのCO₂利用

オランダでは、盛んな温室栽培にこのCO₂が早くから利用され、規模の経済性を生かすべき地域システムとしての取り組みが見られる⁴⁵。石油製油所が合弁会社と組んで、CO₂をパイプラインで農家に供給・販売する例が見られ、500軒の農家に年間30万トンのCO₂を供給しているという⁴⁶。

花類の収穫増を狙う温室栽培に向けた天然ガスによる発電装置（熱・動力エンジン）を導入し、電源、熱エネルギー、CO₂生産を外気温との関連で制御する総合システムとして稼働させる。余った電力は電力会社に売却する。より大きな規模の場合、施設内の利用にとどまらず、電力会社への売電の他に、地域への熱源供給を同時に行うという。安価な供給の実現に成功すれば、このシステムは地域社会に受け入れられ持続可能である。オランダでは、この種の社会システムを民間企業が採配するという。

しかし、日本においてはオランダの上記システムを機能させるには、農家の伝統的意識や立地を含めて、相当困難に思われる。これを地方自治体がリードするには権限及び迫力不足である。街造りを民間農業生産法人がリードするという形態は日本では受け入れ困難であろう。社会あるいは地域全体として、産業維持・再配置、活性化、創出、エネルギー利用、CO₂削減策を議論するには、幾多の政治的課題が待ち受けている。それにもかかわらず、地域全体で、あるいは個々の栽培農家単独でCO₂を有効に利用できる現実的方策はないであろうか。

4.4 佐賀市のCO₂対策

幸いにも、悲観論に立ち向かう佐賀市の試みがある。二酸化炭素を工場の排煙から取り出して農業に役立てるという企画である（図4.2）。火力発電所や工場の排煙からは大量の二酸化炭素が放出されているから、これを低コストで分離、回収できれば、さまざまなメリットが生まれる。佐賀市は回収した二酸化炭素で農作物の成長を促進する事業を早急に進めるといふ。佐賀市の取り組み（<https://www.city.saga.lg.jp/main/50292.html>、更新2019年1月15日）では、二酸化炭素を地下に貯留するのではなく、活用するCCU（Carbon Dioxide Capture and Utilization：二酸化炭素の分離回収による利活用）を実践する。清掃

⁴⁵ 日本経済新聞の記事「進むCO₂の農業利用 温暖化の「悪玉」を有用資源に」（2013/2/20）（https://www.nikkei.com/article/DGXNASFK1301Y_T10C13A2000000/?df=2、2019年5月8日閲覧）参照。

⁴⁶ 日本でも花卉や野菜の生産にCO₂利用が盛んに検討されている。ただし、オランダに比べれば、その利用と規模はローカルに限定されている。

工場の排ガスから二酸化炭素を分離回収し、藻類培養や農業に有効活用することで、二酸化炭素の削減や産業の振興に繋げるといふ。清掃工場での CCU 事業は日本初であり、全国から多くの視察者があるといふ。NPO 団体グローバル CCS インスティテュート (Global Carbon Capture and Storage Institute) は、「佐賀市の焼却施設は世界に伝わっていないが、世界最高の地球環境ストーリーの一つであり、他の都市が佐賀市モデルを倣えば、気候変動はすぐに過去のものとなるだろう」と紹介している、といふ。



出所： <https://www.city.saga.lg.jp/main/50292.html> (2019年11月11日閲覧)

図 4.2 佐賀市における産業利用

佐賀市 (HP「バイオマス産業都市さが」2019年4月)のように清掃工場によるバイオマス発電 (余剰電力供給)、排熱と CO₂の植物工場への供給など、地域におけるパイオニア的展開例があるが、こうしたプロジェクト・プラントで供給される CO₂や余熱に対して利用者側 (需要) 規模は一般に小さく、多額の初期投資に見合う成果が得られるかどうかは今後の推移を見守る必要がある。需要側の施設園芸や農業団地規模が過小というこうした事情は、日本国内で農工融合型地域システムを模索する各地が直面する共通課題である。

4.5 米国テキサス州の CO₂回収プラント例

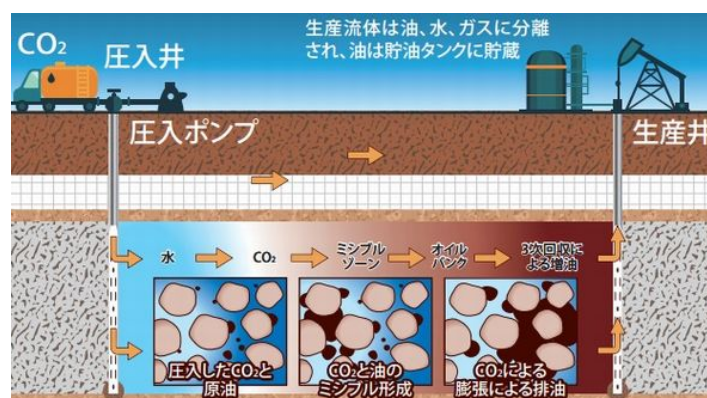
農園芸とは異なる油田での CO₂利活用の一例を書き留めておく。

ソフトバンク系列のアイティメディア「スマートジャパン」は、米国テキサス州 W. A. パリッシュ石炭火力発電所 (NRG Energy) での大規模 CO₂回収プラントの稼働を報じた⁴⁷。以下、[https:// www. itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1701/12/news046.html](https://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1701/12/news046.html) (2017年1月12日)に基づき、当該プロジェクトの概要を記す。

⁴⁷ 1日あたりの CO₂回収能力は 5000 トン超、35 万台以上のガソリン自動車の CO₂排出量に匹敵し、当該時点で、化石燃料の燃焼に伴う排ガスから CO₂を回収するプラントとしては世界で最大の回収能力といふ。

当該発電所から排出する CO₂ の 90%以上を回収し、130 キロメートル離れたウェスト・ランチ油田にパイプラインで供給する。この CO₂ を地中に圧入し分散すると原油と混ざり合って生産量を 40 倍に増やすことができる。CO₂ 回収プラントは日本の JX 石油開発と NRG Energy が共同で運営し、ウェスト・ランチ油田の権益も JX 石油開発と共同で 25% 保有する。

技術的な方法は以下のようなものである。CO₂ を吸収塔で回収し冷却してから、アルカリ性の液体に CO₂ を吸収させる。さらに CO₂ 吸収液を隣接する再生塔に送り、蒸気を使って加熱すると高純度の CO₂ を取り出すことができるという。化学吸収法と呼ぶ CO₂ 回収方法で、関西電力と三菱重工業が共同で開発した「KM-CDR Process」を採用している。プラント建設は三菱重工業を中核とする日米の連合体が担当し、日本の CO₂ 回収技術を米国の石炭火力発電所で先行・実用化した形である。こうした原油の生産量を増やす方法を石油増進回収（EOR）と呼び、産出量が少なくなった古い油田に適用すると増産の効果が大きい。通常の生産方法では油田に存在する原油のうち 25%程度しか取り出すことができないのに対して、この方式で埋蔵量の 60%程度まで抽出することが可能になるというメリットが強調される⁴⁸。地球温暖化対策にも生かせるため、将来に向けて最も有効な手段と考えられている。図 4.3 は EOR のイメージである。

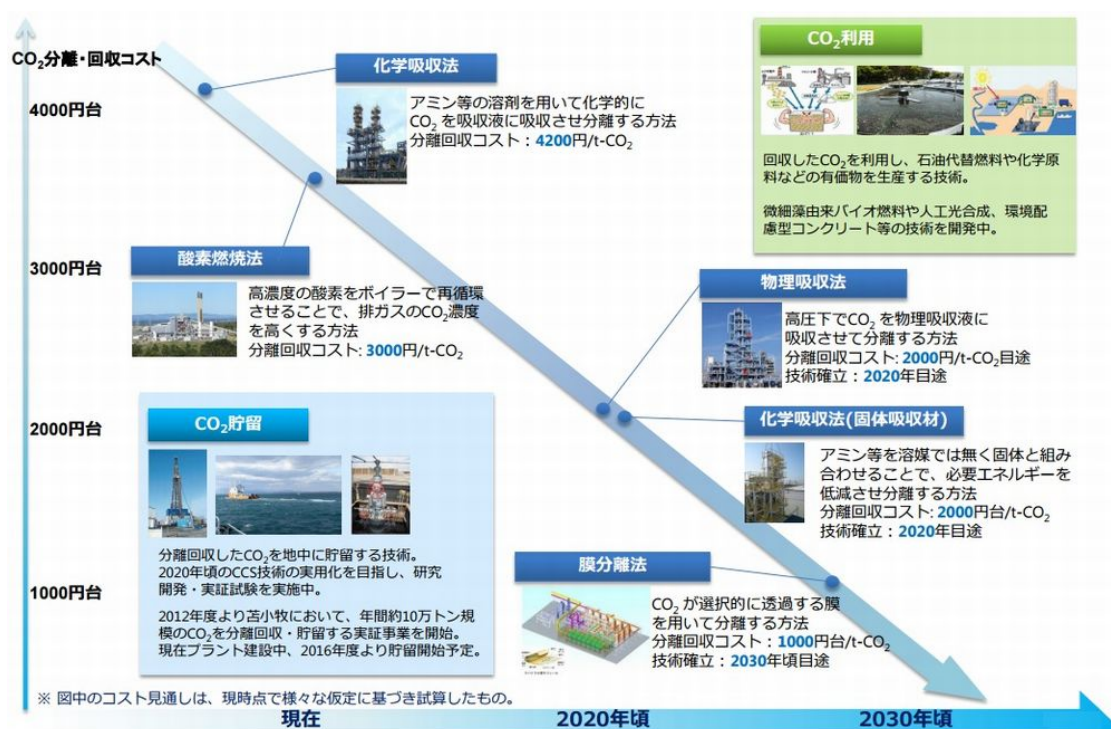


出所：「スマートジャパン」より転載、原典は JX ホールディングス
 図 4.3 「CO₂-EOR」による原油の増産

CO₂ の利活用の結果として、再び CO₂ 発生源である化石燃料を供給する油田の生産能力を再生・拡大することは方向として矛盾がある。しかし、重要なことは、大気中に過剰に排出される CO₂ を抑制あるいはコントロールする技術を早急に確立することである。技術革新に莫大な研究開発費の投入が先行することは言うまでもない。「スマートジャパン」

⁴⁸ ウェスト・ランチ油田は 1938 年に生産を開始、現在の生産量は 1 日あたり 300 バレルに過ぎないが、EOR を適用すると 15,000 バレルまで増産できる。平均でも 12,000 バレルの生産量を見込める一方、年間に 160 万トンにのぼる CO₂ を削減できるという。そうであれば、「石炭火力発電所が排出する大量の CO₂ の回収にかかるコストを原油の増産でカバーする」という社会的な戦略的補完性が成立する例となる。

によれば、日本でも石炭火力発電所の CO₂ 排出量を削減することが急務だが、溶剤を使って化学的に CO₂ を吸収する化学吸収法のコスト高が課題になるという。CO₂ 分離・回収技術とコスト低減について、資源エネルギー庁出展の図を再掲すると図 4.4 のようである。本図を見る限り、持続可能な社会を描くために、生活様式の再考は言うまでもなく、経済性と両立する技術改善の具体的促進と革新が今後いかに求められるかを想像できる。



出所：「スマートジャパン」より転載、原典は資源エネルギー庁

図 4.4 コスト低減の時系列見通し

4.6 CO₂ 利用における地域構想の課題

農業栽培における CO₂ 利用の安全性は科学的に証明されている。自由競争を促す TPP への加盟参加、産業としての農業の自立的な展開が求められる今日、CO₂ の積極的な利用は日本農業の維持、収益好転による地域活性と雇用促進の多方面に同時効果をもたらすと考えられる。

地域が排気ガスを大量に伴う産業立地圏であれば、CO₂ 排出企業、園芸施設農家、地域住民、自治体、関連組織との間には、CO₂ の抑制と利活用に対する共通課題が存在する。この課題の取り組みにおいて、すべての主体が利益を得られると判明すれば、安定かつ快適な地域経済・社会の設計に向けて将来が描ける。

構想の前提として、すでに CO₂ 利用の農業が展開されている地域経済が望ましい。こうした地域では、農業経営者・自治体との間で新農業技術に対する関心が相対的に高い。そ

れゆえ、CO₂利用に関連して、栽培生産関数の詳細、直接および間接費用、初期投資額、メンテナンス、補完人材、安定性、安全性、融資制度、補助金、ブランド・市場性など、具体的な課題への積極的な取り組みが醸成されやすい⁴⁹。

加えて、地域内あるいは近隣にCO₂排出抑制を公言する大企業が存在すればスマートシティに向けて各主体の合意が形成される。花卉や農業生産物に覆われた景色は、無味乾燥な工場群と異なり、人々の郷愁と安寧を誘う。時には、内外の訪問者を招来する。市場競争力を備え、安定的な一定所得を保障する再生可能な地域農業の展開は、風土維持の使命に加え、地域社会の活力と雇用、労働と生活バランス、安全作業、有効土地利用、パブリックリレーションズの促進を同時に可能にする。

かくして、われわれは、幾つかの具体的事項の確認を以下に整理する。まず、代替的プロジェクトに関する初期投資額及びランニングコストの詳細な推定額を知る。そして、投資回収期間と金銭的予想収益率の大きさを推計する。自己資金（株式）、クラウド・ファンディング、借入（金融機関）、公的補助金等による資金調達法を見定める。プロジェクト達成の工程表を確定する。この際、補助金獲得を皮算用し、紙上による都合主義のプロジェクト内容と杜撰な回収見通しによる企画の破綻は回避しなければならない。

さらに、成功に向けて、①一般および地域の農業経営者のマインド確認、②土地利用を含む農業経営者間の協力体制構築（協同組合）の可能性、③農協、自治体、生産者の有機的な連携⁵⁰、④有力農業経営者あるいは法人（リーダー）の育成とその他一般農家との関わり、⑤人材の確保と育成（単なる農耕作業能力では不可）、が不可欠である。また、⑥栽培花卉・野菜類の生産期間、収量、コスト、安定性、市場性の詳細データを構築し、⑦CO₂利用農業の成功例と失敗例の情報収集と整理を行う必要がある。⑧各種補助金制度の確認、土地・資源利用に関する法的規制、融資制度、税制の確認は言うまでもない。常に、⑨積極的協力企業の発見に努め、⑩安価なCO₂利用技術の促進と見通しを持つべきである。

地域構想を描くには、目下「何が可能で、何が不可能なのか」を整理し、直面する課題の解決に向けて、プロジェクトを牽引する強力な信念とリーダーシップ、それを担うアーティザンの活動が求められよう。関連自治体職員の知識と意識がCO₂利活用に向けての条件を十分に満たしていることが望ましい。農家の当事者意識が欠かせないことはもちろんのこと、関連プロジェクト参加企業は、開発技術力、社会的評価を獲得するビジネス・チ

⁴⁹ たとえば、愛知県の田原市はこの例に該当する。「田原市低炭素施設園芸づくり協議会の取り組み—平成23年度実証報告—」および「たはら21新農業プラン」を参照。国内ではCO₂利用の先進地となる可能性大である。オランダの実例は殊更言うまでもない。また、既述の佐賀市ではすでにバイオマス発電によるCO₂利用が開始されている。最近では、地域資源循環型社会をスローガンに農林水産省によるバイオマス産業都市の選定地域が年々追加され増加している（http://www.maff.go.jp/j/shokusan/biomass/b_sangyo_toshi/attach/pdf/b_sangyo_toshi-65.pdf 及び各年版参照、2019年5月14日閲覧）。各地域構想の実現とその経過を見守りたい。

⁵⁰ この点、自治体の社会的課題（インフラ、エネルギー、住宅・福祉、地域活性・創生）と効率的経営に向けて総合的に取り組むドイツのStadtwerke（公益に準じた地方公社）の展開が参考になるかも知れない。日本でもコンパクト・シティの取り組みが見られるが、必ずしも順調ではない。佐賀県佐賀市や愛知県田原市などは、Stadtwerkeに通じるような議論が期待できるかも知れない。歴史的経緯については、例えばラウパッハ・スミヤ ヨーク（2017年）を参照。

チャンスと理解することが望ましい。その活動を支える金融機関、民間投資家の存在が欲しい。地域住民に、当該プロジェクトの追求が幸福体现のプロセスと実感されることが望ましい。自治体、農業経営者、CO₂排出企業、関連団体組織、研究者などの単独主体ではなく、構想を巡って率直な意見交換を行い、地域住民を含む利害関係者の役割が自然に定まる合意内容の形成が望まれる。必要なことは、共通の夢とその実現を目指す能動的な姿勢である。それは、「村・町おこし」との関連、いわゆる「地方創生」議論の要諦を必ず含むことになる⁵¹。

以上はCO₂活用に論点を集約したが、事業体が不可避に生み出す排熱を同時に活用する議論に拡張できる。CO₂と熱をセットで考える。というよりも、そうすべきである。そのためには、地域全体あるいは個別農家への「熱輸送」（排熱供給）の問題が追加される。

(5) 幸福に向けてのCO₂と熱利用：愛知県田原市の挑戦

幸福への「農工芸融合」の取組は、愛知県渥美半島・田原市地域で生まれつつある。北部に工業地域が存在し、全域にはキクに代表される多数の施設園芸地域が分布しており、熱及びCO₂に対する豊富な需要と供給が潜在する。ここでの農工芸融合の道を牽引するキーワードは、CO₂と熱の同時輸送である。松尾が主導する共同研究（松尾・他、2017年）によれば、輸送媒体として想定している蓄熱材ハスクレイ（HASClay）は蓄熱効果に加えて、CO₂吸収、熱供給時の水分吸収の特性を有する。それゆえ、農業経営においては、熱輸送による排熱利用が化石燃料の消費節減を生み温室効果ガスの削減という社会的プログラムに貢献する以外に、CO₂施用や熱需要がない夏場の除湿対策にも利用が期待される。

ハスクレイとは、国立研究開発法人の産業技術総合研究所（産総研）で開発された高性能無機系吸放湿材のことで、Si（ケイ素）-Al（アルミニウム）を主成分とする低結晶性粘土と非晶質アルミニウムケイ酸塩の複合体からなる吸放湿材である。非晶質アルミニウムケイ酸塩の“HAS”（Hydroxyl Aluminum Silicate）と低結晶性の層状粘土鉱物の“Clay”を一語にした造語である。産総研のHP（https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2008/pr20081008_2/pr20081008_2.html#b1、2019年7月16日閲覧）によれば、省エネルギー空調ができるデシカント空調用の吸放湿材として最適、ポイント幅広い湿度領域において多量の水蒸気の吸脱着が可能な、無機材料による安価な吸放湿材の開発に成功したという。市販のゼオライトと同程度の安価な原料から合成でき、シリカゲルの約2倍の吸着性能を

⁵¹ 本稿では、農工芸融合のメリットを自明とし、地域構想もその延長線上の議論であった。しかし、「幸福への農工芸融合」は、異なる人や社会においては「不幸」であるかも知れない。農業やコミュニティー作りは、電気やエンジン動力抜きでも可能である。そこには自動機器による制御もAIも無縁である。たとえば、米国におけるアーミッシュ（Amish）の人々とそのコミュニティーである。馬と鋤で耕作し、荷車で搬送する。教会へは馬車で白黒の正装で通う。争いを嫌い、小規模の農場による自給自足を基本とし、伝統的かつ質素な生活と厳しいルールの中に幸福を見いだす。現地訪問（Wisconsin州Green Lake近郊；2019年4月30日）では、アーミッシュの家々と耕作地はやや起伏ある大平原の光景に馴染み、近隣の非アーミッシュ住民が自動車でも多数訪れるアーミッシュ雑貨店やパン屋の駐車場からブランコに遊びお手伝いする子供達を遠目に見て、アーミッシュ文化の一端を覗いた。

持ち、廃熱等を利用したデシカント空調への適用により、空調の省エネルギー化を推進できるという。

この「ハスクレイ」をベースに、100°C以下の低温廃熱を利用可能な蓄熱材として、NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）プロジェクトにおいて、高砂熱学工業（株）、石原産業（株）、大塚セラミックス（株）、森松工業（株）の4社は、さらなる高蓄熱密度化と、低コスト化が実現可能な改良型ハスクレイの量産製造技術を共同で開発した。また、日野自動車（株）と同蓄熱材を組み込んだ、従来型より2倍以上の蓄熱を可能とする可搬コンパクト型蓄熱システムを共同で開発した。日野自動車では、工場間におけるオフライン熱輸送の実用化検証試験を開始、今後4社は、この検証試験で得られた知見をもとに、冷房・除湿・暖房、給湯、乾燥工程等へ適用する熱利用システムとして市場展開を目指すという（<https://www.hino.co.jp/corp/news/2017/20170313.html>、2019年7月17日閲覧）⁵²。

松尾・他（2017年）は、このハスクレイを熱輸送に用いる蓄熱材として農業分野（特に愛知県田原市地域）への具体的利用を提案する。蓄熱時に高温排ガスにより熱を吸収（乾燥）する一方、放熱時に環境中の水を吸着させることで熱輸送を可能にする。また、ハスクレイは排ガス中のCO₂を吸収することができる。田原市の主要農産品であるキクとトマトを例に、工業圏（製鉄工場）から栽培施設への排熱・CO₂の輸送を想定し、トラックによる熱輸送を行った場合の重油燃料に比較する全体コスト、増収額、CO₂排出量の試算を行った。結果、当該プロジェクトのコスト・収益面（少なくとも、トマト）及び環境負荷面（キクとトマトの双方）での利益を確認した（松尾・他、2019年）。ただ、他の例に漏れず、規模の経済性による利益を得るには、一定規模以上の排熱・CO₂に対する需要が要ることを認める。技術に整合する需要規模を単純にコントロールできないが、導入技術、便益、コストとの関係を明示することは研究者の責務である。結局、このことは、当該地域における農工芸融合の在り方、実現に向けた挑戦・取り組みにおいて避けるこのできない課題となる。

渥美半島は恵まれた農業小国のような絵になる光景である。筆者には、渥美半島・田原市の人々が喫緊の社会的課題に取り組み・挑戦し、能動的な幸福のために強いメッセージを携え躍動するダイナミックな農業地帯そして観光地に生活するという、持続可能型地域社会の市民と映る。

(6) AIは農業を救うか：安定的な食糧増産に向けて

⁵² また、関連各機関の <https://www.nedo.go.jp/content/100872477.pdf>、https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2017/pr20170313_2/pr20170313_2.html、https://essj.messe-dus.co.jp/fileadmin/essj/uploads/essj_presentations_2017/1108-Tec-4-3-TAKASAGO-Mr_Kawakami.pdf、https://www.nikkei.com/article/DGXLRS439253_T10C17A3000000/（すべて、2019年7月17年現在）などを見よ。略図を含む当該研究成果報告の概要が共有掲載されている。

前節各所で、第一次部門における人工知能を活用する IT 技術・装置の利用可能性及び具体的利用の実例に触れた。本節では、いわゆるデジタル技術革新が農業分野、そして現代社会にどのように機能、浸透するかを改めて整理しよう。

確かに、人間には推測とか学習が付きものである。工学・コンピューター科学は、センサー、演算処理、記憶媒体装置の進歩を通して、デジタル情報を解析する人工知能、いわゆる「AI」(artificial intelligence)を開発した。人間労務の代替や能力を補助する機械があれば便利である。実際の出来事、経験が情報として記憶(記録)されれば、一定の目的に対応する一定の知識が得られる。情報には、数値、文字、映・画像、音声、信号などがあり、解析のためにデジタル化される。AI デジタル技術は、大量の情報を素早く収集、判読、分析することによって、今まで知られていない特性、パターン、トレンドを見つける。計算、求解、サーチ、監視、推論、学習では、人間能力を上回る。遠隔操作や自動制御によって無人飛行できる小型航空機(ドローン)は、効率的にローカルかつ具体的な情報収集(また、農薬散布のような作業)を助け、AI 利用を現実的に拡大させる最近の強力な装置である。

たとえば、AI は農業生産者の目的や都合に従ってセンサーから大量の情報を受け取り学習し整理する。ドローンを用いれば、広大な土地での農産物の作付け状況や病虫害状況を空から把握できる。一定の属性を有した動植物(牛やイチゴ)がどのような行動や生育・成長経路を辿るかも容易に整理できる。サンプルが大量で、逐次更新されれば、記録情報から平均あるいはトレンドを見出し、当該物に対して有益な知識を得る。こうした技術的能力は人間を上回る。しかも、膨大なデータ処理と解析機能の割には相対的にエコノミーな方法手段である。事前の学習を忘れずに、問題に対して最適あるいはベターな判断を示すことが出来る。かくして、データとルールを与えれば、農業生産者の意思決定を過程で補助し、時には代替し得る。人間の曖昧性に比べ、コンピューターの記憶力と識別能力は機械的には格段に優れている。

コンピューターによる検索能力を誰もが様々な分野で便利に利用しているはずである。巨大なマニュアルとして機能する。AI コンピューターは、マニュアル的な判断を人間に代わって行うことができる。栽培方法、商品生産、流通、各種手続きに関する問い合わせ、司法の判例チェックも容易に行うことが出来る。旨味のあるビジネスを気付かせることも可能である。ビジネス投資の優劣を与えられた過去のデータに基づいてランク付けできる。もちろん、AI に構想力はない。AI を指示する(基本ルールを与える)のは人間である。初期に指示やデータが与えられなければ何も行わない。アニマル・スピリットは人間の究極の能力である。人間は過去に規定されるが、閃きや純粋な不連続があり、それは「創造性」である。AI は卓上ゲームで人間を打ち破った。それはルールが自明で、起こり得る場面が理屈の上で限定されるからである。場合の数や場面が既知で与えられる。しかし、将棋のルールを考えるのは人間である。農業 AI にどのような情報を与え、何を学習させるかのデザインは、もっぱら農産物需給関係者、そして社会が決めるべきことである。

各国・地域の需給構造上の食糧不足及びその可能性が指摘される中、グローバルな気候

変動による頻繁な災害・災禍、農産物被害等の報道に接すると、人々は情勢の切迫に危機を感じる。多くの農地が劣化して穀物生産の増加が内生的に困難になれば、子供、女性、高齢者のような生活弱者の健康被害、飢餓、貧困が懸念され、国や地域間での経済格差が拡大しよう。古くは、マルサスの『人口論』（1798年）が食糧危機を警鐘した。AI農業はこうした状況の改善に役立つだろう。AI支援の植物工場は、一定の給水技術の下で、砂漠や乾燥地帯での野菜の安定供給を可能にする。先進国での一次分野での労働者不足は、農業ロボットの投入で対処できる。中央一元管理を可能にするIoT、自動農作業機械を含むロボティクス（自律型ロボット）は、いわゆる「スマート農業」の柱になると思われる。IT農業やアグリビジネスは、食糧生産に悩む途上国への装置・工場・システムの輸出、援助、技術指導を通して、食糧危機を救うことができる。日本のような先進国では、食糧自給率の改善を可能する⁵³。

われわれは、農業センサーが温度、湿度、日照・光、栽培・育成状況、熟成度、病中害など、物理及び生物的現象から検知したデータを、AIに学習させ利用する構図を理解した。このITデジタル技術がリードする農業に未来はあるのか。スマート農業は不可避の道なのか。実現可能か。ここでは、超楽観を戒める。既述のようにスマート農業を押し進める機器機械・装置やITシステムの導入固定費は高く、当然に運転と維持に要する変動及び固定費が嵩む。工場、施設、機械の低稼働率が懸念される。植物工場でも、栽培品目の転換は容易ではない。農業機械の共同利用が考えられるが、宿命的な季節と天候に左右される屋外の農業生産では、地域内経営体による利用が集中し混雑現象が生じる。通常製造業のスマートファクトリーのように、既存の装置や機械を利用する安価な後付けAIユニットの装着が考えられる。しかし、もともと屋外の作業種類、耕作規模、地形、そして圃場分散の現実を考えると、導入価格云々ばかりかシステム調整に物理・心理的負担が想像され、施設栽培や植物工場での現場ほどにはその効率的利用が望めないかも知れない⁵⁴。農業IT系の人材も不足している。そもそも、農業生産物の増大は、土壌・農地に負荷を与え、水利用・水資源管理での環境問題に直面するだろう。大量の水を利用する農業生産物とその栽培方法の場合には、必要な生活飲料水確保との狭間で、当該地域での社会的緊張を生み出す可能性がある。一般的に、IT農業の展開と食糧増産過程において、人々の不幸の発生を予測し、それを回避する方向と方法を事前に確認しなければならない。

食糧自給が課題とされる中でも、社会構造変化に伴い日本各地では、放置された空地や耕作放棄地・牧場・森林が目立つ。ダイナミズムとしての営農限界と離農の増加は、未耕

⁵³ 日本の食料自給率（特にカロリーベース）は先進国の中で低い（農林水産省）。自給率は単に生産者高齢化や離農にイメージされる国内生産事情・能力だけに関わる問題ではない。日本産の対外競争力にも依存する。農産物輸入の自由化（関税引き下げ）をトレンドとして受け入れるのであれば、国内消費者による国産食糧品への差別的な嗜好がない限り、需給両面の作用によって自給率は低下する。自給率の維持・上昇は、品質、価格、品種開発面において対外競争に耐える営農が求められる。

⁵⁴ 最近の屋外農作業向け後付けシステムについては、例えばトプコン（TOPCON）の自動操舵、生育センサー、施肥マップ（最適施肥）などがある（<https://www.topcon.co.jp/positioning/products/product/agri/>、2019年10月27日閲覧）。精密農業に向けてのシステム開発は、想像以上に加速しているようである。

作地や放棄地を増やす。美化、防犯、環境保全・維持、防災の観点からも、こうした状況への対策が社会的に必要である。スマート農業、精密農業に加え、傷ついた故郷の光景を同時に改善する営農姿勢を期待したい。労働・人材不足を考えれば、雑草刈り取り、作付け、植林、収穫、伐採、出荷など、地域的な取り組みを支える IoT の構築が望まれる。さらに、地域の土地やエネルギー利用・計画・開発構想が要る。原子力や CO₂ 排出型発電の将来性は厳しい。再生可能エネルギーとしての太陽光、陸上・洋上風力、地熱及びその利用可能性やそれらの長短（地形適地や建設、運転、維持費用など）を見定め、結局、スマート農業はスマートな地域の創生と不可分にデザインされ展開される必要がある。ここに、再度、やり甲斐のある農業と社会意識を携えたアーティザンの気概ある自己実現を期待したい。AI の用語 *artificial* ではなく、人間としての *artistic* を含意する HAI (human “artistic” intelligence) を提案したい。

一般的に、日本農業において、経営体の強い収益意識と規模拡大による生産性上昇が求められる。機械化に見合う耕作地の規模や経営意識が要る。その過程では、共同経営、法人化、貸借による土地集約、共同利用、農家組合・生産組合・農協利用などによる土地及び資本集約型営農が模索されよう。高齢化に伴う限界営農者の淘汰と離農増加というダイナミズムは、国土地形に制約があっても、日本農業の大規模化は必然のように思われる。この要請は、生産供給サイドばかりか、時には市場規模と連動する。企業としての農家は、一定の市場規模を必要とし、他との競争力と市場性に合格しなければ生き残れない。AI がこうした営農環境に働き、現在と未来に影響することは容易に想像できる。IoT を可能にするデジタル革命は、産業としての農業の集約化を促進する一方、生産物の差別・ブランド化、効果的な宣伝方法、取引者（消費者と生産者）間のマッチング、効率的な流通、開かれた弾力的な金融を可能にし、小生産・小規模農業経営を可能にする側面がある。

そもそも経営体としての農業を考えれば、地元にとらえず生産に有利な適地を探索するだろう。栽培・生産品目に応じて、温度、湿度、日射、技術など、適地は異なる。白菜、キャベツ、レタスは周知の例であるが、放置された牧場をほうれん草、トマトなどの高原野菜作りに転換利用した実例がある。長期的には、企業経営者は、文化、国境、汎用技術を超え、気候、土地利用コスト、資金・人材確保、市場・消費地、地域・産業連携の諸側面も含めた適地を探す。品種改良と開発を行う。農業経営においても理屈は同様である。ここでの適地や適応改良では、AI があまり必要でないかも知れない。そうであれば、IT 負担感やデジタル疲れから多少解放される。それにもかかわらず、工学技術の利用は魅力である。やがて、IT 技術はそれ自身の利用を安価かつ容易にする新機軸を生むかも知れない。「AI 類」の功罪を見極める人間に優しい AI が開発されてよい。人間の平和と幸福への願望、少なくとも損失と不幸を最小にする人間心理を AI にルールとして学習させる工学開発者とエンドユーザーとの連携が基本である。それでも、AI は世の中の不確実性を取り除くことは出来ないと直観する。ここに要求されるのは、経営規模や資金力というよりも、営農者としての哲学、意欲、柔軟性である。

(7) 農工芸融合を支える人材

本稿に展開される農工芸融合は、その道に沿う IT 技術・資本設備に補完的な労働者を求める。自然風景や土への愛着があるだけでは、省力化や CO₂・熱利活用の道は開けない。IT 技術に精通しても、動物や昆虫が嫌いで、田畑や草の臭いに閉口する人には農工芸融合への参加は厳しいかも知れない。現場から離れたオフィスでの遠隔操作が可能であろうが、現場やその文化を知らない技術の活用や研究成果はあり得ないし、そもそも危険である。その意味では明らかに人材不足である。こう考えると農工芸融合の道は紙上に描かれる単なる願望であろうか。

幸いにも、単なる夢物語りでないことは現実が証明している。まず、(1) 環境保護の重要性を知り、「生活質」を重視する人の動きがある⁵⁵。(2) 少子高齢化での営農や営林を重視した研究開発・技術革新・新組織・法改正とその具体的展開例が増加している。退職・離農が増加する一方、(3) 農工芸融合の実例は年々増加し、その道への参加者（新規雇就用就農者、新規参入者）が増加している（農林水産省「新規就農者調査」。「道の駅」、通信販売など、農産物直販の増加が非農家の人による新規参入への関心を高めている（岡村・他、2018年）。

そもそも、こうした動きを加速させること自体が農工芸融合の道である。既存就農者を刺激し、負担の軽減と所得安定を企画し、他方で就農者、営農者の増加と人材育成を誘って、環境保全という社会的使命を能動的に導くのである。幸福への農工芸融合に向けての現実の展開こそが、この道への人々と資源の移動を誘うのである。

人間や人間組織は万能でない。農工芸を支える人材についても同様である。関係アーティザンが傷つき、活動の継続を断念し、かくして目標達成に失敗あるいは自己実現の感情が薄れる場合があるかもしれない。しかし、社会的課題の解決に貢献しようとするその活動自体が無駄になることはない。失敗の原因が確率的な外的攪乱ばかりでなく、プラン内容に問題があった場合でも、そのことが将来の成功の糧になることは疑いない。多くの失敗に学び、改善（より良い解）に向けて適応努力するのが家計や企業経営者を含む全ての意思決定主体の特徴である（Okamura, 2018）⁵⁶。シュムペーター的企業家を含むアーティザンの動物的精神は、革新を導く源であり、平穩を脅かす悪因にはならない。アーティ

⁵⁵ 岡村は松尾の協力の下に職住接近を重視した労働マッチングの理論モデルを示した（Okamura, 2018）。通勤時間や働き甲斐は人の生活での優先事項である。実際、われわれの考えに整合的なアンケート調査結果（小企業就業）がある（井上、2019年）。生活内容、家族や地域との関わりに対する多様な人・男女の思想なり姿勢によっては、大企業組織ではなく、小企業、自営業や農業に携わることから長期の思いを自己実現できる。食品の質内容に拘る家計の消費や既存・新規就農者による労働と営農の場は、当該者と整備支援する行政が相互に交流し作用する社会的な「生活空間」（盛田、2019年参照）である。尚、米国では先のアーミッシュ（前脚注 51）地域の人口増加が伝えられている。

⁵⁶ 不完全な情報や認知能力という環境下で、時間を通し適応的に振る舞うことは人間心理に基づく現実的行動である。

ザンは何よりもエートス（社会道徳的行動規範）を携えており、彼らの失敗が自身及び社会の双方に長期の不幸を導くとは考えない。

(7) 結論

結局、道徳哲学の文脈（Spahn, 2015）に従えば、われわれが描く「農工芸融合」の道においては、短期一過性の幸福、受身の spectator's happiness よりも、能動的な achiever's happiness を目指す。本稿の結論は以下のように纏められる。

(1) 少子高齢化、過疎・放棄地・空き家の増加、農林業（第1次部門）の衰退と後継者不足が生じている。この現状は同時に人の安寧を誘う空間を傷つけている。

(2) 最近の工学上の技術革新は、第1次部門の現状を救えるかも知れない。農林園芸と人・技術の有機的融合が肝心である。

(3) 農業の第6次産業化を含む「農工芸融合」は、伝統的農業や林業の積極的な経営を促し、いわゆる「地方創生」と両立する。

(4) 農工芸融合は、環境保全や改善を企画すべき社会課題の克服に貢献する。CO₂排出を抑制し、排出CO₂・熱の利活用を押し進める。

(5) 農工芸融合は、持続可能型社会の実現に不可欠な参加者主体の活動を支える経済的条件を整える。

(6) 農工芸融合の道では、持続可能な循環型社会を座標軸に、地域のあらゆる主体と行政を巻き込んだ省エネルギー、再生エネルギー、資源利活用の具体的議論が促進され、その過程で人々が HAI を発揮し幸福（自己実現）という積極的な快を得ることが出来る。

(8) 農工芸融合による幸福：あとがきとして

望ましいものを実現するというのが工学の姿勢とすれば、社会が悩みそれを克服するための技術を提案する工学は社会の幸福増進（所得増と社会福祉）に貢献する。同時に、工学者は、夢と希望を携え創造に向けて能動的に日々を全うするならば、生活と労働の質は高く、やりがいを感じながら文字通りのエウダイモニアという快を体験する。安寧とも言うべき達成感がある。もちろん、工学・技術者が浸る幸福感は、提案する技術が公共目的に合致する場合にのみ得られる感情であろう。

第1次部門は、歴史的に斜陽のイメージに悩まされた。森林や田畑の光景が圧倒する地域は概して低所得地域であった。地方と田舎はすでに傷つき、自治体機能も放棄されかねない過疎の現状で、第1次部門で生計を立てる人々の間には自虐と不幸福感が漂った。そうした中、自然・環境破壊の怖さを経験し、人口減少・少子高齢化を生み出した社会は、都市の慢心と地方の自虐・諦めの行き過ぎを反省し始めた。地方を壊した都市型の間人ばかりか、近代技術で財をなした各層の人々も、種の保存意識も当然にあるが、生き甲斐や美

の観点からも自然保護の必要性を認識するようになった。今や、工学がもたらした IT や IoT は、都市と地方を結ぶ生活のキーワードになり得る。必ずしも、混雑した都会のオフィスへの通勤、不安定・低所得ときつい農作業を引きずる必要はない。不幸や恐怖をもたらす技術ではない。

社会科学、特に経済学は何をしたのか。有限な資源と最適性の強調ならば、工学者にとっても自明な話である。むしろ、工学者が期待するのは、経済学が技術を利用する感情を持った人間を扱い、(1) そうした個人や社会がどのように時間経過の中で振る舞うのか、(2) 個人の尊厳を維持する生活のための経済条件とは何か、そして、(3) 経済学が幸福の増進に向けて人々に整理された情報と選択可能な代替的パラダイムを示し、その人々に問いかけ啓蒙しているか、ということのように思われる。工学研究者こそが、デジタル情報技術のもたらす社会変化の動向と行方について、人文・社会科学者の知見を求めているのである。

日本の第 1 次部門の維持と活性化は、農工芸融合の道である。しかし、われわれの実態調査を通して、高額の初期投資や償却コストに悩む数多くの農林業関係者に会った。農工芸融合は、補助金や交付金によって支援されようが、基本的には需要と供給が作用する市場システム内で展開されるプロジェクトで、生産者の経営を圧迫し、技術導入が人を経済的不幸に導くような逆転は回避したい。工学のみに過度の期待と負担を強いるわけではないが、生産性改善の他に、人々の苦痛を軽減するいっそうの大小の技術革新が欲しい。社会的新機軸を誘う農工芸融合の道が人々の幸福を増進する具体的方向と信じる。もちろん、この人々には、能動的に行動するアーティザンばかりでなく、結果のみを受諾せざるを得ない受身の生活者や組織人も含まれて当然である。

筆者の岡村は、決して豊かではない農家の末っ子に生まれた。55 年前には耕運機を農協から月賦で購入し田畑を耕した。掘り起こす土のにおいからは一種の幸福を感じたが、この延長上での生活設計は困難と直感で分かった。高校、大学へ通うと、農作業は季節の片手間仕事となった。兄たちは、メインイベントの田植えと稲刈りで会社の日曜・休日を利用して弟を助けた。農協への出荷価格も気にせず、行事としてルーティンの農作業を行った。後に、その私が不連続な価格や雇用決定を論じる経済学者になった。世の中は本質的に不確実で、生産者が作ったものが必ずしも全て売れないという不完全な貨幣経済の特徴を知った。私は学生時代のゼミ指導教授の年齢をとうに超えた。経済学史のゼミであったから、先生はステュアート (『経済の原理』1767 年) の「現に生存している者のためばかりでなく、やがてこの世に生を享ける者のためにも、食物とそれ以外の必需品と仕事を用意することである」⁵⁷という経済論を教えてくれた。なんと 2 世紀以上も前のスコットランド人の見識である。その 10 年後のスミス (1776 年) による「自分の境遇を改善し、自分の晩年が安泰と豊富のうちに過ごせらるうという楽しい希望があれば、それは労働者を活気づけて、その力を最大限に発揮させる」(『国富論』、邦訳 138 頁) という記述も記憶に残

⁵⁷ 小林 (1994 年、44 頁) の訳文を引用。

る。そして、スミスがどこかで、衰退的状态は惨めで、人が幸福や快適を感じるのは、(すでに富を得た場合であったとしても) 定常状態ではなく、獲得を目指して前進している発展的状态と書いていたのが印象的であった。古典の経済分析には、静学的な均衡分析というよりも、人間と社会の存在があり、心理学や道徳哲学が含まれている。動力、飛行機、コンピューター、AI など、発明・技術革新とその利用は、人に快をもたらした一方、同時に苦痛や惨劇をもたらした。250年も過ぎた現在に、経済学者の古典的使命は依然達成されず、その使命の重要性がいまだ変わらないことに気づかされる。本稿に示す HAI を含意する農工芸融合が現在と未来の人々の不幸を回避する議論の一助になれば幸いである。

謝 辞

本稿の作成及び実態調査に当たって、多くの関係者、研究者のご協力を得た。山崎弘之(国士舘大学)、盛田清秀(小松大学)、藤井秀昭(京都産業大学)、新里孝一(大東文化大学)の各先生からは日頃からご議論頂いた。大東文化大学同僚の岩木宏道、島田恵司先生は、本稿の論旨に関する感想とコメントを寄せてくれた。深沼光氏(日本政策金融公庫総合研究所)からは、躍動する中小規模関連企業の例をご教授頂いた。また、栃木県の1次産業の実態を知るきっかけについては連合栃木総合生活研究所、渥美半島の営農については愛知県田原市の関係担当者にお世話になった。小野寺大輔氏(オノデラゴルフ)からは、海外を含む各地の農工芸融合に関わる豊富な例をご提供頂いた。記して御礼を述べたい。もちろん、本稿のいかなる欠陥も筆者に帰すものである。

文 献

青山浩子「人口光型植物工場の現状と展望～市場拡大が野菜生産に与える影響は～」、農畜産業振興機構『野菜情報』11月号、2-4頁、2019年。

伊藤緑・加藤美雪・樋井清隆・中村嘉孝・大藪哲也・番喜宏「二酸化炭素(CO₂)施用時間がトマト促成長期栽培における収量および無機成分含量に及ぼす影響」『愛知農総試研報』、48、125-128頁、2016年。

井上考二「満足度からみる小企業での就業の特徴」、日本政策金融公庫『調査月報』、No. 132、4-15頁、2019年。

岩崎泰永・梅田大樹・鈴木真実「CO₂濃度、気温および湿度制御が異なる環境管理様式がトマトの乾物生産および分配に及ぼす影響」『農研機構研究報告(野菜花き研究部門)』、No. 1、73-78頁、2017年。

勝又健太郎「第1章 米国の農業法における経営安定政策の現状、変遷、今後の動向」、農林水産政策研究所『平成29年度 カントリーレポート: 米国(米国農業法、農業経営の安定化と農業保険、SNAP-Ed)、EU(CAP農村振興政策、フランス、英国)、韓国、台湾』、プロジェクト研究[主要国農業戦略横断・総合]研究資料第6号、1-31頁、2018年3月(<http://www.maff.go.jp/primaff/kanko/project/29cr06.html>、2019年8月1日閲覧)

加藤賢治・小林克弘・嶋本千晶・中村嘉孝・小島寛子・大藪哲也・番喜宏・岩崎泰永「イチゴ促成栽培におけるミスト噴霧とCO₂長時間施用が生育・収量に及ぼす影響」『愛知農総試研報』、

47、51-60頁、2015年。

加藤百合子「農業はイノベーションの宝庫」、農畜産業振興機構『野菜情報』10月号、2-5頁、2017年。

桑本香梨「起業の裾野を広げるゆるやかな起業家たち」、日本政策金融公庫『調査月報』、No. 129、4-15頁、2019年。

小林昇「経済学の成立—アダム・スミスとジェイムズ・ステュアート—(1)」、大東文化大学経済学会『経済論集』第60号、35-45頁、1994年。

白井珠美『療法的活用を目的とした身近な森づくりに関する研究』千葉県農林総合研究センター特別報告、第5号、2014年。

日本政策金融公庫総合研究所編『地域経済の振興と中小企業』日本政策金融公庫総合研究所、2016年。

長谷川利拡・張国友・酒井英光・臼井靖浩・朱春梧・吉本真由美・福岡峰彦・常田岳志・中村浩史・小林和彦「多収品種タカナリの高CO₂濃度環境における子実の成長特性～高CO₂濃度で増収に寄与する一要因～」平成27年度主要成果報告。（http://www.naro.affrc.go.jp/archive/niaes/sinfo/result/result32/result32_30.pdfより、2019年5月8日閲覧）

深尾隆則「野菜の自動収穫ロボットの可能性と開発事例～自動運転技術の農業への対応～」、農畜産業振興機構『野菜情報』5月号、2-5頁、2019年。

Matsuo, Seiji, Hiroki Umeda, Satoshi Takeya, and Toyohisa Fujita. 2017. "A Feasibility Study on Hydrate-Based Technology for Transporting CO₂ from Industrial to Agricultural Areas." *Energies*, 10, 278: 1-13.

松尾誠治・村岡駿哉・藤田豊久・鈴木正哉・鈴木克己「工業圏熱およびCO₂輸送による農工圏融合型社会システムの成立性の検討」、日本エネルギー学会『第28回日本エネルギー学会大会講演要旨集』2019年8月。

丸尾達「植物工場における栽培技術および品種開発」、農畜産業振興機構『野菜情報』11月号、39-44頁、2019年。

盛田清秀「日本農業の担い手と構造変革—戦後農業の未解決課題—」、全国日本学士会『ACADEMIA』（日本農業は持続可能か）、No. 136, 13-22頁、2012年。

盛田清秀「新規就農タイプ別の経営確立支援方策と地域社会受容条件の解明」、農畜産業振興機構『野菜情報』7月号、38-47頁、2017年。

中山章『イギリス労働貴族—19世紀におけるその階層形成—』ミネルヴァ書房、1988年。

Okamura, Soji. 2018. *A Human Theory of Employment and Money*. Tokyo: Parade Books.

岡村宗二・山崎弘之・鈴木博『栃木県民の幸福度と地方創生に関する調査研究』連合栃木総合生活研究所、第2版、2018年。

ラウパッハ・スミヤ ヨーク「ドイツ都市公社の成り立ち」地域エネルギー会社による地域活性化

化研修会、2017年9月6日。

Smith, Adam. 1776. *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*. (大河内一男監訳『国富論』第5版1789年、中央公論社、1988年)

Spahn, Andreas. 2015. “Can Technology Make Us Happy?” In *Well-Being in Contemporary Society*, edited by Johnny H. Søraker et al, 93–113. New York: Springer.