

インドにおける酪農の発展と遺伝的改良への取り組み

梅田 克樹¹⁾

¹⁾ 千葉大学・教育学部

Development and Genetic Improvement of Dairy Farming in India

UMEDA Katsuki¹⁾

¹⁾ Faculty of Education, Chiba University

本研究は、インドにおける酪農の発展プロセスと現状について整理・検討した。その際、キーポイントと目される遺伝的改良への取り組みと、その推進エンジンとしての中央政府における農業政策の変化に、特に注目した。農業・農民福祉省のDADF（畜産・酪農・漁業局）は、五か年計画に基づいて中期的な酪農振興計画を策定し、NDDP（インド酪農開発公社）を通じて生乳増産を図ってきた。近年、特に積極的に取り組まれているのが、牛・水牛の遺伝的改良による生乳生産性の向上である。インド在来のゼブー牛は、耐暑性・耐病性に優れるものの、産乳能力はきわめて低い。ヨーロッパ牛は、その反対である。そこで、ゼブー牛とヨーロッパ牛との交雑育種や、ゼブー牛の系統造成を推進している。これらを実現するための中核的技術として、AI（人工授精）実施率の向上が特に重視されている。こうした取り組みが功を奏して、インドの生乳生産性は急速に改善されつつある。

The purpose of this study is to adjust and consider the development process and regional characteristics of dairy farming in India. *Bos primigenius indicus* known as Zebu originating in the Indian Subcontinent adapted to withstanding high temperature and humidity, but had a quite low productivity of milk. Government of India promoted to increase productivity of milk by genetic improvement of cattle and buffalo. In specific, cross-breeding for Indo-European hybrid, line breeding for Zebu cattle and diffusion of AI (Artificial Insemination) technology. Government of India establishes a framework of dairy promoting program and support core bases for genetic improvement. It is expected that more dramatic changes will occur in the near future.

キーワード：遺伝的改良 (Genetic Improvement), AI (人工授精) (Artificial Insemination), 交雑牛 (Hybrid Cow), National Dairy Plan (National Dairy Plan), インド (India)

I. はじめに

インド国民の80%を占めるヒンドゥー教徒は、最高神シヴァに仕える神聖な動物として牛を崇拜の対象としており、牛肉食をタブーとしている。14%を占めるムスリムはコーランにおいて豚肉食を禁じられており、大多数のヒンドゥー教徒も豚肉を食さない。また、インド国民の3割程度はベジタリアンであり、特に北部諸州におけるベジタリアン比率は7割強に達するものと考えられる¹⁾。ベジタリアンにも様々な種類があり、一切の動物性食品を摂取しない厳格なベジタリアンもいれば、魚や卵なら食べても良いとされるベジタリアンも存在する。乳食は殺生を伴わないため、大半のベジタリアンが牛乳・乳製品の摂取を許容している。

このような事情から、インドの食文化における牛乳・乳製品の重要性はきわめて高い。生乳の58%が飲用牛乳に仕向けられるほか、ギー（バターオイル）やダヒー（ヨーグルトの一種）など、インド独自の伝統的乳製品も各種存在する。2016年度における1人当たり牛乳・乳製品消費量は生乳換算352グラム（Basic Animal Husbandry &

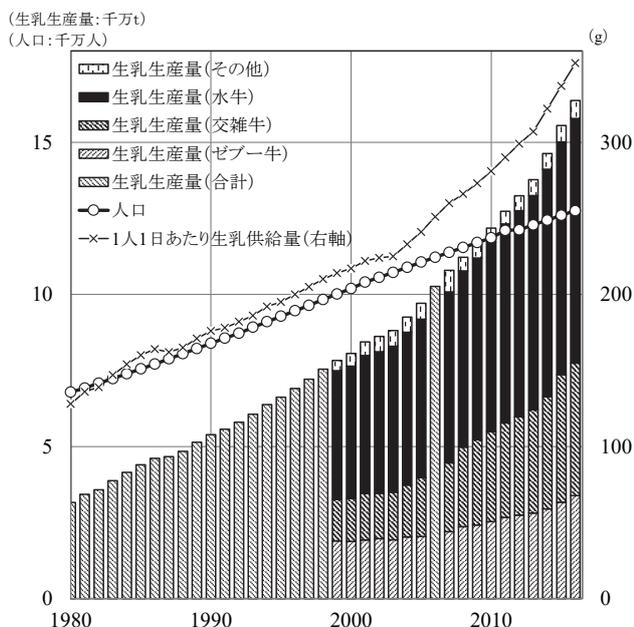
Fisheries Statistics 2017による）と、日本の同250グラム（平成28年度食料需給表による）を大きく上回っている。牛乳・乳製品消費の増加は、国民の栄養状態の改善に大きく貢献している。

さらに、近年の急速な経済成長が、インド酪農の発展を加速させている。2012年度にはインド全土で1億9,090万頭の牛と1億0,870万頭の水牛、1億3,517万頭の山羊が飼われ、1億3,240万tの生乳が生産されていた。その後もインドの生乳生産量は順調に増え続け、2016年度には1億8,775万tに達した（第1図）。2位・アメリカ合衆国（9,636万t）を遥かに凌駕する圧倒的な世界首位であり、世界全体の生乳生産量の2割を占める。（2019 Basic Animal Husbandry & Fisheries Statisticsほか）。酪農の粗付加価値額（5.5兆ルピー）は、農林水産業全体（21.6兆ルピー）の約4分の1、畜産部門（8.1兆ルピー）の約3分の2を占める。農村地域の貧困問題を解決するための手段としても、酪農は重要な役割を果たしている。

ところが、これほどの生乳生産量があるにもかかわらず、日本の酪農・乳業関係者や研究者たちはインドの酪農にほとんど関心を払ってこなかった。現在のインドは、牛乳・乳製品の国際市場における主要プレーヤーではないためである²⁾。わずかに、農畜産業振興事業団（alic）

連絡先著者：umeda@faculty.chiba-u.jp

が、インドにおける酪農・乳業の全体像を俯瞰するような報告を約5年おきに公表してきた（長谷川・谷口, 2007a, 2007b, 平石, 2012, 三原・竹谷・小林, 2017）。世界各国の酪農・乳業事情に関する情報提供業務は、alicに課された業務の一つである。これらは貴重な報告書群であるものの、インドを専門とする研究者による著作ではなく、それゆえインドの政策的背景や地域的多様性を十分に踏まえた議論が展開されてきたとは言いがたい。



第1図 インドにおける人口と生乳生産量の推移

注) 交雑牛にはヨーロッパ牛を含む。

Animal Husbandry Statisticsほか

そこで、本稿では、インドにおける酪農の発展プロセスと現状について、連邦政府における農業政策の変化と関連付けながら整理する。その際、酪農の発展を技術面から支えてきた取り組みとして、AI (Artificial Insemination, 人工授精) 技術を用いた遺伝的改良に特に注目する。従来以上の急成長が期待されるインド酪農の将来像を描くうえで、重要な基礎的資料を提供する論考になるものと期待される。

II. 生乳生産の動向とその要因

1. 生乳需給と乳価の推移

インドは急速な経済成長のさなかにある。しかし、経済成長の推進エンジンは第2次・第3次産業であり、国内経済における第1次産業の重要性は年々低下してきた。農林水産業の粗付加価値額は、1986年度まで名目GDPの30%超を占めていたのが、2002年度に初めて20%を割り込み、2015年度には10.5%に下落した。第1次産業と他産業との所得格差は拡大する一方である。

第1次産業のウェイト低下の背景として、公的配給制度 (Public Distribution System : PDS) の存在が挙げられる。農産物価格の上昇は、農村開発を促進するための有効な手段となりうる反面、(特に都市部の) 貧困層

における食料品入手を困難にさせ、治安の不安定化を招きかねない。そこで、中央政府が主要農産物の価格を事実上統制し、その上昇幅を抑えてきたのである。そもそもPDSは、都市労働者に対する食料供給の安定化を図るための制度として、独立直後のネール政権が導入した³⁾。政府が穀倉地帯から余剰穀物を買上げ、市場価格より安い価格で消費者に提供する制度である。1960年代半ばのインド大干ばつに伴う穀物価格の高騰を契機として、PDSの充実と穀物の大增産が図られた。パンジャブ州等の主要穀倉地帯における穀物生産コストを基準として算出されるMSP (Minimum Support Price) が、文字通りの最低支持価格として機能した (阮, 2010)。PDSによって農産物の価格変動リスクが軽減され、「緑の革命」の成功につながったと言える。その結果、おおむね1970年代後半には宿願だった食料自給を達成し、1990年代以降は穀物輸出国に転じている。

ところが、GDPの1%を占めるまでに肥大化したPDSが、国家財政を著しく圧迫することになった。そこで、新自由主義的な経済改革を推進したマンモハンシン (財務大臣1991-96年, 首相2004-14年) は、MSPの抑制と売り渡し価格の引き上げによって国庫支出額を削減しようとした。需給調整の失敗に伴ってMSPの大幅引き上げを余儀なくされる局面もあったものの、中期的には穀物価格の抑制が実現されてきたとみてよい。余剰穀物の輸出による需給調整が図られたとは言え、基本的には生産過剰による価格低下圧力が作用したことも事実であろう。その結果、2005年度からの10年間に名目GDPが267%も上昇したのに対して、食料品卸売価格の上昇率は149%にとどまったのである。

同時期における卸売乳価の上昇率は148%であり、食料品卸売価格のそれとほぼ同率だった。穀物と生乳の需給状況はまったく異なるのに、両者の価格上昇率がほぼ一致した動きをみせてきたのは、次のような理由によるものと考えられる。

穀物と異なって、生乳に対する公的な価格支持制度は存在しない。その代わりに、大都市部のフォーマル流通を独占する国営企業Mother Dairy社や、各州の酪農業協同組合連合会による政策的な乳価設定が、生乳価格を下支えする機能を果たしてきた。とは言え、生乳流通の約8割はインフォーマル流通によるものであるため、こうした下支え機能は限定的にならざるを得ない。また、コールドチェーンが十分に整備されていないため、インフォーマル流通による牛乳は搾乳後3~4日以内に販売したうえで、ごく短期間のうちに消費する必要がある。生乳生産者にとって販売機会の逸失だけを避けるべき選択肢であり、それゆえに仲買人 (ミルクマン) 等による買い叩きも横行しやすい。特に、牛・水牛にとって過ごしやすい気候であり産乳量が増加する冬季・乾季には、乳価下落が多発しがちである。以上のような理由から、高温多湿で産乳量が減少する夏季・雨季における生乳不足が慢性化しているにもかかわらず、乳価の実質上昇率は相対的に低く抑えられてきたものと捉えられる。

とは言え、一般に物価が安いとされるインドにおいて、牛乳・乳製品は例外的に高価な食品である。これ以上の

乳価高騰を避けながら、拡大する需要を賄うだけの生乳生産量を確保する必要があったために、間接的な価格支持制度が採用されたものと解釈されよう。

Ⅲ. インド中央政府による遺伝的改良への取り組み

1. インド中央政府の酪農振興計画

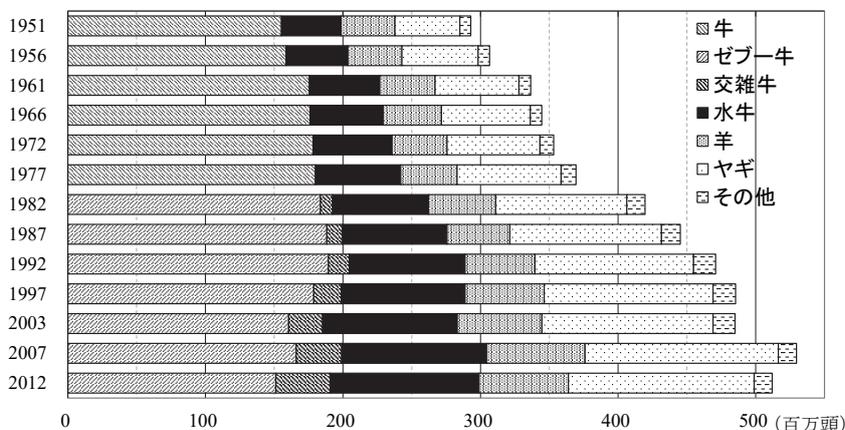
中央政府において酪農振興を所管する部局は、Ministry of Agriculture and Farmers Welfare（農業・農民福祉省）のDepartment of Animal Husbandry, Dairing & Fisheries (DADF, 畜産・酪農・漁業局)である⁴⁾。DADFが立案した政策の執行機関として機能しているのが、National Dairy Development Board (NDDB, インド酪農開発公社)である。中央政府の全額出資を受けて1965年に設立されたNDDBは、OF計画（1970～96年）の実施主体となり、その成功の立役者として高い評価を得た。NDDBの100%子会社であるMother Dairy社や、各州の酪農業協同組合連合会等を通じて、牛乳・乳製品の安定的供給と生乳価格の安定化にも貢献した。このことが、1997年にアメリカ合衆国を抜いて世界最大の生乳生産国に躍り出る原動力になった。OF計画は、農村地域における酪農の普及促進、すなわち外延的拡大によって生乳生産力の拡大を着実に実現させてきた。しかし、農地開拓のフロンティアが耕境付近に達し、それに酪農普及のフロンティアがやがて追いつくと、未利用の安価な飼料資源は遠からず枯渇する。牛・水牛用飼料の64%は作物生産過程で排出される非食用部に由来するので（Planning Commission, 2012）⁵⁾、穀物等の耕作地の外延的拡大ができなくなると生乳増産の余地も消滅するのである。インドの農地面積は1970年代以降1.4億ha前後で、延べ収穫面積は1990年代半ば以降1.9億ha前後で、ほぼ頭打ちになった。牛・水牛の飼養頭数の伸び率も鈍化し、1990年代～2000年代前半にかけて漸減傾向に転じてしまった。

そこで、OF計画を発展的に継承する枠組みとして、NDDBは1996年に‘Perspective 2010’を策定した。計画期間は1997～2011年度である。第9～11次五カ年計

画に対応しており、経済自由化路線の継承・強化による経済成長の実現が目指された時期である。OF計画の対象地域においてはIntensive Dairy Development Programmeが、非対象地域においてはIntegrated Dairy Development Programmeが、それぞれ実施された（いずれも略称はIDDP）⁶⁾。両プログラムによって、生乳生産力の強化と品質向上のための各種インフラの整備と、協同組合組織の再生・強化が進められた。特筆すべきは、生産力強化を実現するための主たる手段として、飼養管理の改善とともに遺伝的形質の改良が明確にうたわれたことである。ゼブー牛にあってはSahiwal・Gir・Rathi・Kankrejの4種、水牛にあってはMurrah・Mehsana・Jaffarbadiの3種への更新による産乳能力の向上が図られた。これと並行して、飼料資源に恵まれた地域においてはHolstein Friesian, それ以外の地域においてはJerseyとの交雑が推進された。さらに、2000年度からはNational Project on Cattle and Buffalo Breeding (NPCBB)が実施された。10年間で118億ルピーの予算が計上され、優良種雄牛の確保とAI普及率の向上が図られた。その結果、2000年代初頭には2,000万件程度だったAI実施件数が、2010年度には5,000万件に達した。1997～2012年の期間に、ゼブー牛飼養頭数が17,900万頭から15,100万頭に減少したのに対して、水牛飼養頭数は9,000万頭から1億8,000万頭に増え、交雑牛飼養頭数は2,000万頭から4,000万頭に倍増したのである（第2図）。

2. インド酪農における遺伝的改良の意義

インド中央政府が遺伝的改良を重視するのは、ゼブー牛の泌乳能力や長命連産性に課題が存在するからにほかならない。約1万年前にメソポタミアで家畜化された牛は、イラン系民族によって北方に伝えられたヨーロッパ牛 (*Bos primigenius taurus*) と、アリア系民族によってインドに移入されたゼブー牛 (*Bos taurus indicus*, いわゆるコブウシ) とに分かれて進化した。インドの気候環境に適応してきたゼブー牛は、牛体が約300kgと小さく耐暑性・耐病性に優れるうえ、栄養価の低い粗飼料の利用性も高い。これらとトレードオフの関係として、飼



第2図 インドにおける家畜飼養頭数の種類別推移

注) 1977年以前の畜産統計においては、ゼブー牛と交雑牛の区別をしていなかった。交雑牛にはヨーロッパ牛を含む。 Livestock Census

料摂取量が少なく、1日当たり乳量は2.83kg⁷⁾ (2016年度)にとどまる (Department of Animal Husbandry, Government of India, 2017)。

その一方、遺伝的改良の努力が重ねられてきたヨーロッパ牛は、高い泌乳能力や長命連産性を獲得した。欧米の酪農先進諸国は、公的機関による凍結優良精液の供給システムを構築したり、牛群検定と後代検定⁸⁾を制度化したりすることによって、高能力乳用牛群を構築してきた。しかし、Jerseyで約400kg、Holstein Friesianになると約650kgと牛体が大きいため、体内で多量の代謝熱が発生する。冷涼な気候に適応してきたため汗腺が少なく、体外への熱の放出は困難とされる。気温40℃を超えると飼料の摂取や反芻をやめてしまうなど (今泉, 1991)、インドの気候環境はヨーロッパ牛にとって極めて高ストレスなのである。ダニなどの寄生虫や熱帯性疾病に対する耐性も低い。乳量 (1日当たり11.21kg)⁹⁾

こそゼブー牛の3.3倍に達するとは言え、インドにおけるヨーロッパ牛の生乳生産性は必ずしも高くならないのである。

そこで、優良な遺伝的形質を有するゼブー牛・水牛を選抜したうえで、ゼブー牛・水牛同士あるいはゼブー牛とヨーロッパ牛との交雑育種を進めることが、NDP-Iの最重点領域に位置付けられた。Perspective 2010を継承・発展させ、耐暑性・耐病性と高乳量を両立するための育種改良を推進することが、生乳生産性の改善を図るうえで最も効果的と考えられたのである。交雑牛の平均乳量は1日当たり7.33kgである。

育種改良の核となる技術がAIである。AIとは、妊娠を得ることを目的として、雄から採取した精液を雌の生殖器内に人工的に注入する技術のことである (扇元ほか編, 1995)。その歴史は古く、13世紀のアラブ諸国において馬にAIを施し、妊娠・出産に成功した記録が残さ

第1表 インドにおける種別・状態別の家畜飼養頭数 (2012年)

		交雑牛*	在来牛	水牛	合計	
雄	計 (頭)	5,971	61,949	16,103	84,023	
雌	計 (頭)	33,760	89,224	92,599	215,583	
	哺育期	1歳未満	20.8%	20.2%	21.8%	21.0%
	育成期	1~3歳 (交雑牛は1~2.5歳)	16.2%	17.7%	17.1%	17.2%
	未経産期	育成期終了、出産経験なし	4.6%	6.8%	4.9%	5.6%
	泌乳期	搾乳中	42.4%	33.2%	39.5%	37.4%
	乾乳期	乾乳中	15.2%	20.7%	15.6%	17.7%
	その他	おおむね10歳以上	0.8%	1.4%	1.1%	1.2%
平均日乳量		kg	6.78	2.50	4.91	
脂肪率		%	3~4	4~6	6~8	

*ヨーロッパ牛を含む。

Livestock Census

第2表 NDP-Iにおける乳量・乳成分の改良目標 (2013年)

	品種名*	頭数 (千頭**)	現況乳量 (kg/年)	目標乳量 (First)	目標乳量 (Best)	目標乳脂肪
ヨーロッパ牛	Holstein Friesian	675	N/A	4,500	5,600	3.5
ヨーロッパ牛	Jersey	644	N/A	3,000	3,750	5.0
交雑牛 F2	Holstein Friesian	22,954	N/A	4,000	5,000	4.0
交雑牛 F2	Jersey	15,458	N/A	2,800	3,500	4.5
ゼブー牛	Hariana	6,780	997	1,600	2,000	4.0
ゼブー牛	Gir	5,113	2,110	2,400	3,000	4.5
ゼブー牛	Sahiwal	8,113	2,325	2,400	3,000	4.0
ゼブー牛	Kankrej	4,882	1,738	2,000	2,500	4.5
ゼブー牛	Kosali	3,028	210	N/A	N/A	N/A
ゼブー牛	Khillar	2,432	452	380	500	4.0
水牛	Murrah	48,255	1,752	2,400	3,000	7.0
水牛	Surti	3,893	1,667	1,600	2,000	7.0
水牛	Mehsana	3,625	1,988	2,400	3,000	7.0

*:ゼブー牛の74.9%、水牛の43.4%は、「品種不明」として集計されている。

** : pure と graded の合計値を示した。

Estimated Livestock Population Breed Wise Based on Breed Survey 2013
<http://14.139.252.116/agris/breed.aspx>

れている。20世紀初めのロシア、次いで欧米諸国において技術開発が急速に進み、1970年代までに現在用いられているAI技術がほぼ確立された。すなわち、種雄牛から採取した精液を希釈したうえで、0.50 ml または0.25ml ずつに小分けしてストロー状のガラス容器に収め、氷点下196℃の液体窒素を用いて凍結させる。凍結状態を維持していれば、精液ストローは半永久的に保存可能である。妊娠させたい雌牛の発情を発見すると、温湯に浸してストローを解凍し授精に用いるのである。

酪農先進諸国においては、乳用牛の遺伝的改良における最も効果的かつ技術的に確立された生殖技術として、AIが広く利用されている。日本においても、1960年代後半～70年代にAIが急速に普及し、1970年代後半以降は乳用子牛のほぼ全数がAIによって生産されるようになった。インドの酪農行政当局者も、AI普及の重要性を早くから認識していた。1939年にImperial Dairy Institute (ベンガルール)¹⁰が、AIを用いたゼブー牛とヨーロッパ牛(Holstein Friesian)の交雑育種を試み、33頭の子牛を得ることに成功した。1941年には、ヒマチャル・プラデーシュ州イザトナガールに国立家畜研究所(IVRI=Indian Veterinary Research Institute)に家畜遺伝学研究室が設置された。同研究室の地域支所(コルカタ、ベンガルール、プネなど)や、DADF直属のCentral Cattle Breeding Farms(全国7カ所)も、順次設置された。これらの国立研究機関が、各地域の自然条件に応じた遺伝的改良の中核的拠点として機能した。また、AI実施の拠点となる村落AIセンターも相次いで設置された。第一次五カ年計画(1951～56年)には150カ所、第二次五カ年計画(1956～61年)には400カ所に及ぶ村落AIセンターの設置が、それぞれ盛り込まれた。1961年にはケララ州においてIndo Swiss Projectが開始され、インド初の凍結精液ストロー供給が始められた(Rath et al., 2016)。

しかし、OF計画に基づく協同組合酪農の構築が限定的にしか実現しなかったと同様に、AI普及もなかなか進まなかったのが現実である。たしかに、村落AIセンターの設置数は1997年度末時点で全国43,782カ所、年間AI実施件数は約1,700万件を数えた(Sasidhar and Vhandel, 2002)。センター設置村落のみならず、周辺村落のAI実施率も向上させたとされる。しかし、農村住民の70%以上が家畜を飼養する状況において、絶対的なインフラ不足は否めなかった。繁殖可能な牛・水牛10,000頭当たりの村落AIセンター数は4.2カ所しかなく、AI実施率は約15%にすぎなかった。また、政府による手厚い補助金制度が用意されたとは言え、1本当たり15～20ルピーのストロー代と12～15ルピーの輸送・実施経費(Thirunavukkarasu, 2009)は、牛・水牛を1～2頭しか飼養していない小規模経営にとって重い負担だった。さらに、AI実施1回当たりの妊娠率は、酪農先進諸国においても60～70%にとどまる。ストローの品質やAI技師の技量、牛舎と村落AIセンターの空間的乖離等の問題ゆえに、インドにおける妊娠率は顕著に低く、妊娠を得るまでに平均4回のAI実施が必要とされる。失敗時のリスク許容度が低い小規模経営にとっては、自然交配に頼るのが合理的な選択だったと言える。それゆ

え、1990年代以前のインドにおいては、種雄牛を連れて村々を巡回する専門業者や、Cattle Marketと呼ばれる定期市が広く活用されていたのである。

この自然交配への高依存こそが、「低投入・低生産性」というインド酪農の特徴を形作る最大の要因になってきたと言ってよい。牛の生殖周期は約21日、発情持続時間は約12～18時間に過ぎない。発情開始の約8時間前から兆候が見られるものの、授精適期は発情開始後7～8時間目ころから発情終了までと非常に短い(畜産技術協会, 2006)。巡回業者やCattle Marketによる交配は随時性を欠くため、授精適期に合わせた交配が難しく、妊娠を得られる確率が大幅に低下してしまう。

授精適期を一度見逃してしまうと、約21日後まで妊娠を得られない。そのため、春機発動年齢¹¹に達した雌の牛・水牛のうち泌乳期にある者の比率は、平均60.4%にとどまる(第2表、日本は86.3%)。特に、AI実施率が低いゼブー牛にあっては53.5%にすぎず、平均分娩間隔は少なくとも600日を超えるものと推計される。乾乳期間の延長は、生乳生産性の低下に直結する。それは、春機発動年齢に達した牛・生乳生産量を30～40%押し下げる効果があり、その損失額は年間4,000～5,000億ルピーに達するとの試算もある(National Dairy Research Institute, 2011)。AIの導入によって適期授精が可能になれば、空胎期間の短縮を図ることができる。

AIの導入は、優良種畜の有効活用という点でも効果的である。後代検定によって遺伝的特徴を早期に判定することで、優秀な形質を備えた種雄牛を選抜できる。また、1回の射出精液による授精可能頭数は、自然交配の場合は1頭にすぎないのに対して、AIの場合は100～300頭に達する。通常、1頭の種雄牛から年間100回程度の採精を実施できるので、理論的には年間2万回程度の授精を試みることができる。父牛由来の優秀な遺伝的形質を備え、遺伝性疾患を抱えない子牛を、大量に生産することが可能になる。さらに、母牛の疾病予防にもAIは効果を発揮する。とりわけ、生殖器の接触に起因する伝染病(トリコモナス病やブルセラ病など)や、それに起因する繁殖障害を完全に防ぐことができる。疾病予防対策および適切な治療の欠如が、インドの畜産業全体で年間500億ルピーもの損失を招いているとの試算もある(Sasidhar and Vhandel, 2002)。ゼブー牛の育成牛よりも哺育牛の頭数が多い事実(第1表)は、疾病に起因する子牛の死亡率がきわめて高いことを示している。このように、保健衛生上の観点からも、AI普及率の向上が急務と言える。そのほか、飼養者のリスク軽減という意味でも、AIは効果的である。興奮して暴れ出した雄牛は極めて危険であり、死亡事故につながることも珍しくないからである。

ただし、AIにはリスクも伴う。潜在的な遺伝的不良形質や伝染性疾患を種雄牛が有していた場合、その被害はきわめて広範に及ぶ。高温多湿環境への適応性を高めるため、交雑牛を種雄牛とする場合もある。インドの自然条件に親和的かつ泌乳能力の高い優良種雄牛を確保することが、まさに喫緊の課題となっている。また、技術的問題に起因するリスクは、繁殖成績の不良に直結する。ストロー生産拠点における処理設備や輸送設備に生じた

劣化・故障は、甚大な影響を招きうる。ストロー凍結に必要な液体窒素の入手性など、農村部のインフラ不足に起因する問題も報告されている（Rathodほか、2017）。精液注入の実施にあたっては、AI技師が主に直腸検査によって卵胞の発育程度を随時チェックし、タイミングを見計らう。的確な診断・判断ができるAI技師を育成し、農村地域に多数配置することが求められる。飼養者自身の技術不足も重要な課題である。飼養者が雌牛の発情兆候を正確に発見できることは、AI実施の大前提である。しかし、毎日の搾乳作業がない乾乳牛は放牧に出されていることが多く、その状態を経時的に観察・把握できていないことが多い。さらに、発情の大半は夜間～早朝に発現するため、その初期段階で発見することは相当に困難と言える。飼養者に対する技術教育を充実させ、発情発見率の向上を図ることが必要である。

3. NDP-Iにおける遺伝的改良の位置づけとその意義

米・投資銀行のエコノミストだったジム＝オニールが、有力新興4カ国の頭文字を組み合わせて「BRICs」と名付けたのが、2001年の出来事。それ以降、インドは急速な経済成長を遂げてきた。そうした中で、乳価上昇率が相対的に低く抑えられたことは、必然的に新規参入者数の減少や増頭意欲の低下を招き、需給逼迫を生じさせた。乳価高騰を防ぎながら生乳生産力の飛躍的強化を実現するためには、生産性の劇的な向上を図る必要に迫られている。そこで、NDDBは2010年にNational Dairy Plan (NDP) を策定した。世界銀行・国際開発協会 (IDA) による支援を前提とした長期プログラムであり、その計画期間 (2012～26年度) は、第12～14次五カ年計画に対応している。2010年度に1.22億 t だった生乳生産量を、2016年度 (第12次五カ年計画終了時) には1.55億 t、2021年度 (第13次五カ年計画終了時) には2.00億 t に増やすことを目標に定めている。今後15年間にわたって、生乳生産量を毎年4%ずつ増やし続けるという壮大な計画である。

NDPの総予算額は1,500億ルピー超に達するものと見込まれる。第1期 (NDP-I, 2012～17年度)¹²⁾ の当初予算額は総額224.2億ルピーであり、そのうち158.0億ルピーはIDAからの融資によって賄うこととされた¹³⁾。また、NDP-Iに対応するインド中央政府の独自プログラムとして、National Programme for Bovine Breeding and Dairy Development (NPBBDD) が導入された¹⁴⁾。第12次五カ年計画期間におけるNPBBDDの当初予算額として、総額180.0億ルピーが計上された。

NDP-Iの2大目的は、「生乳生産性の向上による生乳増産」と「生乳生産者における組織部門へのアクセス拡大」である。これらを実現するための具体的手段として、「遺伝的改良の推進」、「飼料給与の改善」、「村落集乳システムの整備」の三本柱が設定された。NPBBDDにおいては、「遺伝的改良」に対応するプログラムとしてNational Programme for Bovine Breeding (NPBB, 120.0億ルピー) が、「飼料給与」と「村落集乳システム」に対応するプログラムとしてNational Programme for Dairy Development (NPDD, 60.0億ルピー) が、それぞれ導入された。

① 遺伝的改良の推進

三本柱の中でも最も重視されているのが「遺伝的改良の推進」であり、NDP-I予算 (拠出金を除く) の40.6% (71.5億ルピー) とNPBBDD予算の66.7% (120.0億ルピー) が充てられる。第2表に、その改良目標をまとめた。凍結精液ストローの生産本数は、2012年度に6,680万本だったのを、2021年度には1.4億本に増やす計画である。従前は20%弱だったAI産子の比率を、2017年度に35%、2021年度には50%に高める。そのために、高い遺伝的能力 (HGM, High Genetic Merit) を備えた種雄牛を、後代検定と系統造成によって2,500頭、ヨーロッパ牛純血種の輸入によって400頭、それぞれ増やす。また、既存の種雄牛 (約3,000頭) をすべて更新する。後代検定や系統造成による選抜を経た種雄牛は、現状では約300頭にすぎない。このことが、低品質な精液に起因する低乳量や繁殖不良の問題を生じさせている。

全国17地区で実施される後代検定プログラムにおいては、各20～40頭の種雄牛の中から上位10%程度が選抜される。選抜された種雄牛の精液を用いたAIによって、HGM種雄牛を得るのである。後代検定によって増やすべき種雄牛の品種は、牛にあってはHolstein Friesian純血種・Holstein Friesian交雑牛・Jersey交雑牛・Sunandini (インド国内で造成されたJersey・Holstein Friesian・Brown Swissの交雑牛) の4種、水牛にあってはMurrah・Mehsana (MurrahとSurtiの交雑により造成された品種) の2種とされた。高乳量を最重視した品種選定がなされていると言えよう。

系統造成は、高乳量ゼブー牛やゼブー牛純血種を多く有する20～25村において実施し、上位10%程度を選抜する。系統造成によって増やすべき種雄牛は、牛にあってはSahiwal・Gir・Rathi・Kankrej・Tharparkar・Harianaの6種 (いずれもゼブー牛)、水牛にあってはJaffarabadi・Banni・Pandharpuri・Nili Raviの4種が選ばれた。乳量の高低に関わらず、遺伝的多様性を重視した品種選定がなされたものと捉えられよう。2014年度には、系統造成に特化したNPBBのサブプログラムとして、Rashtriya Gokul Mission (RGM) が新設された。2016年にはRGMがNational Mission on Bovine Productivity (NMBP) に改称され、3年間で82.5億ルピー (負担割合は中央政府7：州政府3) の予算が組まれている。

輸入するヨーロッパ牛純血種については、半数を生体または受精卵¹⁵⁾ として、半数を凍結精液ストローとして輸入する。インド国内におけるヨーロッパ牛純血種の種雄牛を現状の2倍 (約800頭) に増やし、AI用ストローの生産に供する計画である。ヨーロッパ牛純血種の父牛とゼブー牛の母牛から得られた交雑牛は、事業6年目における生乳生産性がゼブー牛の2.2倍にも達するものと、The World Bank (2012) は予測している。

そのほか、巡回型のAI技師 (mobile AI technician) の増員も図られる。従来は、AIの約60%が村落AIセンター等で実施されており、飼養者が雌牛をセンターまで連れてくる必要があった。このことが、AI実施率や妊娠率の低下を招いていた。そこで、移動可能なAI技師3,000人を養成し、酪農協同組合や生産者グループ等に配置して、年間1,200万件の実施を担当させる計画である。

日本を含む酪農先進諸国と同様に、AI技師が牛舎を訪ねて実施することになる。妊娠を得るまでに必要なAI実施回数を酪農の先進諸国並みの水準（平均2回）にすることが、すなわち平均空胎期間を現状より45%短縮することが、目標として掲げられている。

② 飼料給与の改善

栄養バランスの取れた飼料を適切に給与することは、牛の健康や生乳生産性の向上を図るための必須条件である。また、生乳生産費の約70%を占める飼料費を削減できれば、収益性の劇的な向上に直結する。そこで、NDP-I予算（拠出金を除く）の24.1%（42.5億ルピー）が、飼料給与の改善に充てられている。その根幹をなす施策は、LRP（Local Resource Persons）の育成である。酪農協同組合職員や牛乳検査員、AI技師等の酪農関係者40,000人に、飼料に関する専門知識を身に付けさせ、生乳生産者に対する指導業務を担当させる。また、良質な飼料作物の種子供給も実施する計画になっている。こうした施策によって、飼料費を少なくとも5%削減できると、The World Bank（2012）は試算している。

③ 村落集乳システムの整備

OF計画等によって設立された14万件の村落酪農組合には、2009年度時点で1,400万人が生乳を出荷している。しかし、初期に整備された集送乳設備等は、老朽化や能力不足に起因する諸問題が顕著になってきた。特に、バルククーラーやミルクローリーの不足は品質低下を招き、生乳価格の下落に直結してしまう。そこで、設備更新とICTの活用によって効率的な集送乳体制を構築し、集送乳経費の削減を図ろうとしている。村落集乳システムの整備および協同組合酪農の新規設立に要する経費として、NDP-I予算（拠出金を除く）の27.7%（48.8億ルピー）が充当される。

現在までのところ、NDP-Iの成果は着実に挙がっているように思われる。2015年度における凍結精液ストローの生産本数は、9,700万本に達した。2016年度のAI実施件数は7,010万件であり¹⁶⁾、AI産子の占有率はNDP-Iの目標値（2016年度に35%）を上回ったものと推定される。生乳生産量（1.64億t）も同目標値（1.55億t）を1,000万t近く上回っている。積極的な取り組みの成果の一つが、大都市近郊における商業的酪農経営（Commercial Dairy Farm）の急増であろう。数十頭～数百頭もの搾乳牛を飼養し、トウモロコシ由来の配合飼料や飼料作物由来の自給飼料を給与する、欧米先進諸国ばりの多頭育酪農経営が続々と誕生している。商業的酪農経営の初期投資を支援する役割を担うDairy Entrepreneurship Development Scheme（2004年導入）は、2016年度決算額が240億ルピー（前年度比105%増）に達するなど、近年急速に予算規模を膨張させてきた。遺伝的改良を中心とする酪農近代化に向けた取り組みの積み重ねによって、インド酪農は飛躍的発展の時を迎えようとしている。

IV. おわりに

「世界最大の酪農国」と称されるインド。地域的多様性にきわめて富み、多くの課題と可能性を抱えるインド

酪農の実態は、日本ではほとんど知られていない。そこで、本稿では、インドにおける酪農の発展プロセスと現状について整理・検討した。その際、キーポイントと目される遺伝的改良への取り組みと、その推進エンジンとしての連邦政府における農業政策の変化に、特に注目した。

物価水準に比して、インドの牛乳・乳製品は相対的に高価な食品である。それにもかかわらず、生乳増産をはるかに上回るペースで、生乳需要が拡大し続けている。そこで、インド中央政府は、五カ年計画に基づいて中期的な酪農振興計画を策定し、生乳増産を図ってきた。その中でも、近年最も重視されているのがAI実施率の向上である。2010年に策定されたNDPでは、飼料給与の改善や村落集乳システムの整備とともに、牛・水牛の遺伝的改良を積極的に推進することが強調されている。中央政府が握る酪農関連予算のおよそ半額を遺伝的改良につぎ込み、AI技師の養成やAIセンターの新増設を進めている。こうした取り組みが功を奏して、生乳生産性の改善が着実に達成されつつある。

国立酪農研究所（NDRI）は、2015年7月に「Vision 2050」を公表した（National Dairy Research Institute, 2015）。NDRIの長期的な活動方針を記した文書であるが、その前提条件としてインド酪農の長期的展望が提示されている。それによると、経済成長に伴って増大する生乳需要を満たすために、2050年には3.8～4.0億トンの生乳生産量を確保することが必要になると見込まれる。生乳生産量を現状の約3倍に増やすためには、生・処・販のあらゆる側面においてドラスティックな変革を起こすことが不可欠になるだろう。幸いにして、情報革命の進展によって技術・知識のギャップが急速に縮小し、他国並みの水準に追い付くであろうことが見込まれる。インドの牛乳・乳製品市場がグローバル市場に統合されるであろうことすら、Vision 2050は想定している。インドの酪農セクターが経験するであろう変革のスピードが、今後ますます加速していくことは間違いないと思われる。それは、世界の乳製品需給すら激変させかねない。世界中の酪農・乳業関係者の視線が、インド酪農の展開に釘付けにされる時代は、すぐそこまで近付いているのである。

本研究には、平成23～26年度科学研究費補助金（基盤研究A、研究課題：現代インドにおけるメガ・リージョンの形成・発展と経済社会変動に関する研究、研究代表者：岡橋秀典、課題番号23251020）および平成26～29年度科学研究費補助金（基盤研究A、研究課題：現代インドの経済空間構造とその形成メカニズム、研究代表者＝友澤和夫、課題番号26257012）を使用した。また、本研究の内容は、平成27年度人文地理学会大会「インド・カルナータカ州における乳牛改良と生乳生産」（大阪大学）および広島大学現代インド研究センター平成28年度第3回研究集会「インドにおける乳牛改良の進捗と生乳生産構造の変容」（広島大学）において発表した。

注

- 1) インドにおけるベジタリアン比率は、主要な政府統計において23~37%と推定されている。しかし、社会的・政治的理由から、実際にはノンベジタリアンであっても、統計調査等においては「ベジタリアン」と回答することが珍しくない。特にヒンドゥー教徒において顕著であり、ゆえに北部諸州におけるベジタリアン比率が過大に見積もられる傾向にある。Natrajan and Jacob (2018) は、インドにおける実際のベジタリアン比率を約20%と推定している。
- 2) 1947年にイギリスから独立して以来、社会主義的な計画経済体制を採ってきたインドは、牛乳・乳製品についても「自前主義」を堅持してきた。外資による国内市場への参入はきわめて困難であり、牛乳・乳製品の輸出入は事実上厳しく制限されていた。
- 3) PDSのアイディアは、ベンガル飢饉さなかの1942年、カルカッタ（コルカタ）において実施された食料供給の安定化対策を参考にしたものとされる。イギリスによる植民地支配下において商品作物の供給が優先されたことから、1960年代までは東部を中心にたびたび悲劇的な飢饉に襲われていた。
- 4) 2000年代初頭までは、中央政府の組織改編が頻繁に実施されていた。畜産・酪農局は、1991年2月に畜産局と酪農局が合併して発足した。1997年10月に漁業部門が農業・協同組合局から畜産・酪農局に移管されたことによって、現行のDADFが成立している。
- 5) Sinha (2007) は、インドにおける牛用飼料の60%は放牧・雑草地に依存するほか、28%を占める自家配合飼料には食品残渣が多用されているものと推定している。これらは、無料または非常に安価な飼料供給源であるが、その利用は既に飽和状態にあると指摘する。Planning Commission (2012) は、牛・乳牛用飼料に占める配合飼料の比率は6%であり、養鶏用飼料(55%)に比べて著しく低いものと推定している。なお、一般の政府統計においては、畜種別の飼料分担率は集計されていない。
- 6) NDPの対象地域に指定されたのは、アーンドラ・プラデーシュ州、ビハール州、グジャラート州、ハリヤーナー州、カルナータカ州、ケララ州、マディヤ・プラデーシュ州、マハーラーシュトラ州、オリッサ州、パンジャブ州、ラジャスタン州、タミル・ナドゥ州、ウッタル・プラデーシュ州、西ベンガル州、テランガーナ州、ウッタラーカンド州、ジャールカンド州、チャッティースガル州の計14州である。
- 7) ゼブー牛(1日当たり3.41kg)と血統不明牛(同2.16kg)の合計値である。なお、ゼブー牛には様々な品種が存在しており、品種間の乳量格差は10倍以上に達する
- 8) 牛群検定とは、各経営が飼養する乳牛全頭について、乳量・乳成分・繁殖成績などを個体単位で定期的に記録するものである。乳質管理のほか、経営改善全般(飼料給与の改善、繁殖成績の向上、遺伝的改良の実施など)を進めるための基礎的情報を提供する。後代検定とは、多数の娘牛の検定成績を基にして、父親である種雄牛の遺伝的能力を評価する手法である。正確な評価結果を早期に得られることから、高い産乳能力を獲得している国々(オランダ・ドイツ・北欧諸国など)の検定牛率は80~100%に達する。近年は、ニュージーランドにおける検定牛率の上昇が顕著である。日本の検定牛率は、北海道(73.4%)・九州(70.6%)で高く、北陸(24.0%)・東海(26.3%)・関東(37.9%)で低い。
- 9) 日本における経産牛(その大半はホルスタイン)1頭当たり年間産乳量は、8,526kg(1日当たり27.95kg)である。1日当たり45~50kgに達する高泌乳牛も出現している。
- 10) 1923年設立のImperial Institute of Animal Husbandry and Dairyingを前身として、1936年に設立された。1955年にはウッタル・プラデーシュ州カーナルに移転し、国立酪農研究所(NDRI = National Dairy Research Institute)に改称されている。
- 11) インドの畜産統計において、交雑牛は2.5歳、ゼブー牛・水牛は3歳で区切られる。これは、春機発動時期の違いを反映している。日本におけるホルスタイン種の春機発動時期は平均12.0カ月、インドにおけるゼブー牛は20.4~24.3カ月、河川型水牛は18~24カ月とされる(畜産技術協会 2006)。ただし、ヨーロッパ牛を熱帯地域において飼養すると春機発動が4~5カ月遅れるほか、飼料給与や飼養管理のあり方によって大きく変化することが報告されている。
- 12) インドは2014年度限りでIDA支援対象国から外れたものの、IDA第17次増資期間(2015~17年度)については例外的に移行支援が継続された。これに対応して、NDP第1期は変則的ながら6年間に設定された。
- 13) 計画当初の予算額と実際の支出額が乖離していることは珍しくない。たとえば、第7次五カ年計画(1985~90年)における畜産・酪農振興予算として3,224億ルピーが計上されたのに対して、実際の支出額は191億ルピーに過ぎなかったとの報告もある(Pawar 2011)。
- 14) NPCBBやIntensive Dairy Development Programmeなど、既存の4プログラムを統合して、2014年に策定された。
- 15) 1980年代以降、酪農先進諸国においてはET(胚移植)が普及してきた。AIによって妊娠させた雌牛の子宮内から受精卵(胚)を採取し、別の雌牛の子宮内に移植して子牛を産ませる技術である。一頭の雌牛から年数回の受精卵採取が可能であるし、性腺刺激ホルモンを注射すれば一度に多数の受精卵を採取できる。高い泌乳能力や長命連産性を有する乳用牛を、大量に生産することが可能となる。日本においては、黒毛和種の受精卵を移植することによって、ホルスタイン雌牛を泌乳可能な状態にしなが、肉質に優れた黒毛和種の子牛を大量に生産する方法が広がっている。JA全農畜産生産部は、2014年度の日本産和子牛のうち8%(4.2万頭)がET産子だったと推定している(2016年3月14日付け農業協同組合新聞による)。
- 16) NDDBの集計による。DADFの公表値によると、2015年度のAI実施件数は7,042.9万件(NDDB集計値は6,556.7万件)、精液ストロー生産本数は78,438,482本である。精液ストロー生産本数における差が大きい

は、マハーラーシュトラ州 (257.3万本)、ラージャスターン州 (186.4万本)、カルナータカ州 (166.8万本)、パンジャーブ州 (82.6万本)、ケララ州 (46.5万本)、アルナーチャル・プラデーシュ州 (228.8万本) である。アルナーチャル・プラデーシュ州を除き、NDDBの数値が大きい。その一方、およそ半数の州では、NDDBとDADFの数値が一致している。

文 献

- 今泉英太郎 (1991). 熱帯の牛の生産性—熱帯牛の品種およびその特性, Cross-breeding等の問題点—, 熱帯農業 35(2), 138-167.
- 扇元敬司・三上仁志・渡邊誠喜・角田幸雄・矢野秀雄・森地敏樹・中井 裕・永村武美編 (1995). 『新畜産ハンドブック』 講談社.
- 畜産技術協会 (2006). 『牛の人工授精マニュアル』 畜産技術協会.
- 長谷川 敦・谷口 清 (2007a). インドにおける家禽・食肉流通の概要～牛と水牛を主体に～ (前編). 畜産の情報 2007.5.
- 長谷川 敦・谷口 清 (2007b). インドにおける家禽・食肉流通の概要～牛と水牛を主体に～ (後編). 畜産の情報 2017.6.
- 平石康久 (2012). インド酪農・乳業事情～独特の消費と、旺盛な需要をまかなう国内生産体制～. 畜産の情報 2007.6.
- 三原 互・竹谷亮佑・小林 誠 (2017). インド酪農の概要と世界の牛乳乳製品需給に与える影響. 畜産の情報 2017.10, 103-136.
- 阮 蔚 (2010). 中国・インドの穀物需給動向—中印の輸出入動向に揺さぶられる国際穀物市場—. 農林と金融 63(3), 22-38.
- Department of Animal Husbandry, Dairying & Fisheries, Government of India (2012) : *Implementation of Minimum Standard Protocol (MSP) for Frozen Semen Production in Semen Stations (FSBS) regarding*. New Delhi: Department of Animal Husbandry, Dairying & Fisheries, Government of India.
- Department of Animal Husbandry, Dairying & Fisheries, Government of India (2017) : *Annual Report 2016-17*. New Delhi: Department of Animal Husbandry, Dairying & Fisheries, Government of India.
- National Dairy Research Institute (2011) : *Vision 2030*. National Dairy Research Institute.
- National Dairy Research Institute (2015) : *Vision 2050*. National Dairy Research Institute.
- Natrajan, B. and Jacob, S. (2018) : 'Provincialising' Vegetarianism Putting Indian Food Habits in Their Place. *Economic and political weekly*, LIII-9, 54-64.
- Pawar, S. R. (2011) : *A Study of Cooperative Dairy Industry in Western Maharashtra with Special Reference to Selected Units from Sangli District*. Shivaji University.
- Planning Commission (2012) : *Report of the Working Group on Animal Husbandry and Dairying for the 11th 5-year Plan (2012-2017)*. New Delhi: Department of Animal Husbandry, Dairying & Fisheries, Government of India.
- Rath D., Kasiraj R. and Siddiqui M.U. (2016) : *Changing Scenario of Bovine Semen Production in India*. Indian Dairyman, 2016-10, 62-69.
- Sasidhar, P.V.K and Vhandel, B.S. (2002) : Rational Dwlivery of Private Livestock Extension Services ;Interventions. *MANAGE Extension Research Review*, 3-2, 121-131.
- Sinha, A. (2007) : Cattle Feed Industry in India. Gupta, P.R. (ed); *Dairy India 2007*. New Delhi: Dairy India Yearbook, 280.
- The World Bank (2012) : *Project appraisal document on a proposed credit in the amount of SDR 218.8 million (US\$352 million equivalent) to the Republic of India for a National Dairy Support Project*. The World Bank.
- Thirunavukkarasu, U. (2009) : Cost of artificial breeding in bovines; an estimation. *Indian Journal of Animal Sciences*, 79-12, 1245-1251.