

## 特集

## エネルギー・資源の将来展望

## 生物資源の現状と研究の方向

## Recent Approaches and Research Problems on National Resources in Japan

田口俊郎\*

Tosiro Taguchi

## 1. はじめに

世界の人口は、開発途上国を中心に増加し、2,000年には現在の約1.3倍の60億人を超えるとみられている。そしてこの間の耕地面積は、開発可能地の減少や砂漠化の進行等によりわずかに4%程度の増加にとどまり、1人当たりでは著しく少なくなると見込まれる。さらに、異常気象等を受けやすい限界地の問題や水産資源に及ぼす漁場環境の悪化等が懸念されている。

一方経済審議会の予測等による自由世界のエネルギー需要も、2,000年には1,980年の約1.6倍に達するとみられ、資源は枯渇化の傾向にある。

このようなことから近年生物資源が、食糧資源として、バイオマス資源として、遺伝資源として、そして環境資源等として広く注目されるようになってきている。

生物資源は、本来自然界の循環システムそのものであり、太陽エネルギーの変換・貯蔵機構であることから、環境面での問題も少なく、本質的には安全、低コスト、再生産可能な資源である。しかし反面再生産に長期間を要することや生体であることから取扱いに複雑さがあるなど効率が悪いことが大きな問題である。

今後このような効率の向上のための技術開発が強く望まれている。ここでは生物資源問題が広範囲に及ぶものであるため、主として遺伝資源及びバイオマス資源について述べることにし、食糧資源等については別の機会に譲ることとする。

## 2. 遺伝資源

## 2.1 収集、保存等の現状

遺伝子操作、細胞培養、微生物・酵素利用等のバイオテクノロジー先端技術の飛躍的発展のためには、その基盤となる各種の遺伝資源を総合的に確保し、必要な時に必要なものが利用できるよう収集、保存、利用

表1 農林水産省試験研究機関における

植物遺伝資源の保存状況					
保存形態	作物の種類	保存点数(千点)	保存形態	作物の種類	保存点数(千点)
種子	稲	16.1	栄養体	果樹	4.8
	麦	16.4		茶	1.4
	豆	9.2		いも	4.1
	野菜	7.4		牧草・飼料作物	7.6
	牧草・飼料作物	19.9		その他	3.2
	その他	8.7		(小計)	21.1
(小計)		77.7	合 計		98.8

昭和58年12月末現在

表2 野生植物の保存例

作物名	野生植物	
	近縁の野生植物(起源植物を含む)	周辺の野生植物
イネ	オリザ・ベレニス等12種	マコモ
コムギ	エギロプス、トリティカム属24種	カモジグサ、ハママギ
トウモロコシ	ガマガラス、野生テオシント	ハトムギ
サトウキビ	トキワススキ、ムラサキススキ	チガヤ
ダイズ	ワセオバナ等10種	
	グリシン・カネシンス等5種	クズ

(注) 従来の品種改良においては、野生植物のうち、近縁の野生植物を主な育種素材として収集してきたが、近年は科学技術の進歩を踏まえ、周辺の野生植物の積極的な収集を行っている。

の仕組みを整備しておくことが肝要である。

このため農林水産省では、農業生物資源研究所を中心に約9万9千点の作物遺伝資源を保存し、関係試験研究機関等に育種素材として配布している(表1)。これらは単に栽培されている作物品種に限らず、従来収集してきた起源植物を含む近縁の野生植物に加えて、近年は周辺の野生植物も積極的に収集を行っている(表2)。そして国際共同研究等を通じて広く海外からの遺伝資源導入をすすめてきており、その実数は昭和20年以降今日までに約4万点に及んでいる。58年度も東南アジアを中心に12か国から1,567点を導入している。

しかしこの遺伝資源保存の規模は、国際的にみれば決して大きいものではない。例えば、アメリカ、ソ連などでは古くから植物遺伝資源の導入、保存に力を入れてきており、現在保存点数は全ソ植物生産研究所33万点、アメリカ種子貯蔵研究所17万点、国際稲研究所(IRRI)7万点などである。

その他微生物遺伝資源等についても関係の研究機関において、それぞれ利用目的に応じて収集、保存が行われており、植物病原性菌類以外では、発酵、醸造用

\* 農林水産省農林水産技術会議事務局研究総務官

〒100 東京都千代田区醍ヶ関2-2-1

表3 農林水産省試験研究機関における  
微生物遺伝資源の保存状況

微生物の種類		保存点数
菌類	酵母類	900 (株)
	糸状菌類	1,440
	きのこ類	500
	細菌類	1,900
	放線菌類	150
	藻類	20
	ウィルス	10
	原生虫類	50
計		4,970

昭和57年12月末現在

の酵母や糸状菌類を中心に保存されている(表3)。また林木については、スギ、ヒノキなどの造林用樹種を中心に種子で約1,200点、栄養体で約2万点の保存が行われており、畜産関係ではウシ、ブタなどを個体や精液の形で、水産関係でも魚介類や海藻などについて遺伝資源としての確保が図られているが、その保存規模は当面の研究に必要な最少限のものなど限られたものとなっている。

## 2.2 ジーンバンク構想

産、学、官を通じて生物系の研究開発を推進するうえで、その共通基盤となる各種遺伝資源を総合的に確保し、効率的に利活用できるシステムを整備することは、技術革新をめざすわが国の緊要な課題である。

このため、植物、微生物、動物、水産生物及び林木を含む農林水産生物全般について、国の試験研究機関のみならず、農場や牧場など関係機関が有機的、組織的に連携して、それぞれの機能や立地条件を生かしながら遺伝資源や遺伝資源情報の収集、管理、利用を総合的に行うシステム整備(農業水産ジーンバンク)が検討されつつある。その構想では、今後数年かけて植物種子20万点、栄養体3万点、微生物1万3千点などの遺伝資源の導入・保存をめざしている。そして、遺伝資源の探索、収集にあたっては、農林水産業や食品産業などの発展にとって画期的と見込まれる有用形質をもった遺伝資源や利用価値が高いにも拘らず個体数が減少している遺伝資源の探索・収集を中心に計画的に進めることが考えられている。保存配布については、計画的な長期保存を行いながら、これらの遺伝資源を国公立の試験研究機関、民間、大学等へ提供することとしている。

またこのジーンバンクの特徴的な機能として次の二つの点が上げられる。

その一つは、収集した遺伝資源を分類、同定することはもちろん、生理、生態的特性のみならず生化学的、遺伝的諸特性についても評価し、データを整備することである。また、栽培種と交配できない野生種などは、例えば胚培養の手法により交配できるように改良し、素材化したり、微生物や水産生物の場合に産生有用物質、体内有用物質などの検索、解析を行うことによって遺伝資源が活用しやすいようにすることとしている。

二つには遺伝資源の種類別に特定研究所が中心となって遺伝資源の特性などの情報を収集、整理し、総合的なデータベース管理システムを整備し、遺伝育種情報について広く民間や大学などへも提供できるようにすることである。全体としては、農業生物遺伝資源、林木遺伝資源、水産生物遺伝資源の三つのセンターバンクを設け、農業生物遺伝資源については、さらに植物、微生物、動物の三つのサブバンクを置く体系となっている。なお、現在のこのジーンバンク構想については60年度からのスタートをめざして関係予算を要求中である。

## 3. バイオマス資源

### 3.1 賦存量及び資源化期待量

バイオマスは、種類や形状を問わず量的に集めることによって、エネルギー、食糧、飼料、工業原材料等の資源となりうる生物体で、太陽エネルギーを利用して作られた生物総体(種子、実、葉、茎、根等)のほか、生産活動に付随して生成される廃棄物も含まれると考えられている。

農林水産省では大型プロジェクト研究として56年度から10か年計画で、「バイオマス変換計画」をすすめてきているが、ここではその結果の一部等を紹介することとする。この研究は、生物新資源や未利用資源を中心とするいわゆるバイオマスを対象に、食糧、飼料等の有用物質やエネルギーへ効率的に変換利用する技術を確立することを1つのねらいとして実施してきているものである。

ところで我が国のバイオマス資源量はどの程度あるのだろうか。耕地系についての評価試算の結果は、水稻が1,238万t、ビール麦29万t、小麦54万t、その他の麦20万t、馬鈴薯15万t、さつまいも5万tでその他を合せて計1,400万tで、これらが広く分散しており、かならずしもその量は多くない。また林地系における賦存量は、森林が国土の68%を占めており、林地が2,526万haであることからそのバイオマス量は極めて大きく、

表4 主要なバイオマスの有効資源化期待量

バイオマスの種類	項目	年間 産出量 (万t/ 年間)	利用 可能量 (万t/ 年間)	有効資源化期待量		備考
				エネルギー 生産量 ( $\times 10^8$ Kcal)	有効物質 生産量 (万t / 年間)	
森林系(乾物)	里山広葉樹	2,800	280	126,000	-	400万ha (10%)
	林地残材	960	96	43,200	-	(10%)
	工場残廃材	1,350	270	121,500	-	(20%)
	廃ホダ木	80	40	-	(飼料) 8	(50%利用) 発酵蛋白
	新サ樹種サ	110	110	16,000	( " ) 7	10万ha (その他) 2.5万t
	小計	4,000	200	-	( " ) 42	(うち5%利用)
農産系(乾物)	イナワラ	9,300	996	306,000	( " ) 57	(その他) 2.5万t
	イモミガラ	1,300	260	-	( " ) 260	(20%)現在の焼却分1/2
	野菜残渣	450	30	-	( " ) 30	(5%)
	新作物	200	20	-	( " ) 20	(10%)大産地分
小計	200	200	-	( " ) 200	(10万ha)	
畜産系(含水)	牛ふん尿	2,150	510	-	( " ) 510	
	豚ふん尿	4,730	2,365	29,800	(堆肥) 473	メタンガス(50%)多頭飼育分
	鶏ふん尿	790	395	17,060	( " ) 79	" " "
	小計	1,340	270	7,200	-	熱分解(20%)
水域系(含水)	水生植物(新資源)	6,860	3,030	54,060	( " ) 552	
	海藻類( " )	440	440	3,950	(飼料) 5	440t/ha(1万ha) 5%乾物
	低小藻類( " )	2,200	2,200	31,600	(その他) 30	200t/ha(11万ha) 15%乾物
	投棄魚	25	5	-	(飼料) 1	25t/ha(1万ha) 20%乾物
	深海魚	30	3	-	( " ) 1.5	(10%利用) 蛋白歩留り50%
	サメ類	50	10	-	( " ) 5	(20%利用) " 50%
	小計	70	7	-	( " ) 3.5	(10% " ) " 50%
加工系(含水)	水産加工残さい	2,815	2,665	35,550	( " ) 16	(その他) 30万t
	" スカム	350	100	-	(飼料) 20	濃縮蛋白
	" 煮汁	40	20	-	( " ) 2	"
	大豆煮汁	50	25	-	( " ) 0.5	発酵蛋白
	澱粉廃水	72	36	449	( " ) 0.4	" (有機物 4%)
	みかんカス	385	192	240	-	メタンガス( " 1%)
	製めん廃水	24	12	269	-	" ( " 10%)
	小計	2	1	958	-	" ( " 100%)
計	22,043	7,587	(エネルギー) 397,268 ( $\times 10^8$ kcal)	(飼料) 223	(堆肥) 552万t (その他) 325万t	

(農水省試算)

立木の蓄積量は乾物量として約11億t, その他葉量が2億t, 枝量2~4億t, 下草等の植生2億t程度と推定されている。さらに海域系では, 光合成に必要な有効放射の透入に限られることから, 生物資源として主要な海藻類の生育は水深20~30mに限られ, 砂浜や砂利浜のようなところには生育がみられない。しかも藻類は約1,200種の多数に及ぶことから, 資源利用上余り価値がないと思われる。現在, 採取, 養殖されている資源量は乾物量として, コンブ類2.5~3.5万t, ワカメ類2.4万t, フノリ類7万tなどで非常に少ない。このような生物資源はその量が全て有効に資源化できるわけではない。有効資源化される割合はまた極めて小さいも

のである。ここに農林水産省の総合研究チームが試算した有効資源化期待値を表4に示し参考とする。

そこで生物資源量の今後の増大の可能性について若干ふれることとした。

生物資源量を決定していると考えられる要因のうち, 先ず, 光合成に有効な放射量と温度資源, とくに有効積算気温は, 自然的, 地理的条件に制約されており, 大規模に改変することは不可能に近い。次に降水量などで示される水資源については, かんがい等の基盤整備によって相当に生産力向上が期待できる。また各種の植物の生育に必要な養分の充足率を向上させることも耕・草・林地等で可能である。しかし, もっとも効

率的に資源量の増大に寄与しようと見込まれる要因は、植物本来の性質の改善であり、植物の遺伝的特性を開発し、飛躍的向上を図る手法であると思われる。このためには、野生植物を含めて広く遺伝資源を収集、保存し、その特性を明らかにして遺伝子工学による植物の改良、開発を効果的にすすめることである。組織培養、細胞融合、遺伝子組換え等のバイオテクノロジー技術は、今や21世紀を支配する技術として注目されており、その開発テンポも日進月歩である。バイオマス資源についても、有効資源の生産増強の立場から研究開発を進めることが望まれる。

またこのような資源量を増大させる技術の開発に併せて、有効資源量の評価技術を確立し、生態系に悪影響を与えることなく継続的に資源の再生産利用が可能になるよう総合的な管理利用技術を確立することが肝要である。

### 3.2 研究開発の状況

先に述べたプロジェクト研究においては、図-1に示すように幅広い生物資源の有効利用の方向を基本として研究開発を推進しつつあるが、その骨子は次のようなものである。

すなわち、①資源の賦存量、再生産量及び利用可能量の評価技術の確立、②耕地、林地、海域の生態系への新資源（作物、樹種、藻類）の導入とその効率的生産システムの確立、③未利用資源の効率的回収や生物的、物理的、化学的処理による素材化技術の開発、④新食品素材や新飼料素材の開発と生物資源のエネルギー化技術等の変換技術の開発、⑤バイオマス変換への微生物、酵素の新利用技術の開発等の共通技術の開発の5本柱とその総合化、地域利用を研究の全体体系としている。そして現在これらの研究は進行中であるが、次にこれまでに得られた若干の成果を含めて具体例を述べてみたい。

その一つは新しい生物資源を育てるという視点からのもので、生産力の極めて高いスイートソルガム、省力化が可能な種子播きつまいも、水質浄化を兼ねたホ

テイアオイ、成長の速いポプラ等について、変換利用が可能なバイオマス資源として育成のため研究をすすめており、スイートソルガムでは水田転換畑栽培で、最高 9t/10aの収量（これは555kgの糖収量で南西諸島のサトウキビに匹敵）をあげている。またホテイアオイは蛋白、ミネラル含量の高い水生植物であるが、N.P.施肥によって2.8kg/㎡の乾物収量をあげている。ポプラ等についても短伐期多収穫栽培に適した樹種として有望と見込まれている。

二つには、微生物、酵素の新しい利用法を探ろうとするもので、例えばバイオマス資源を効率的、省エネルギー的に変換利用するため、自然界の微生物の中から生でんぷんの直接糖化酵素を、また高温性セルラーゼ、脱リグニンに関与する酵素等を探索し、改良をすすめている。この生でんぷんを分解する菌は、パプアニューギニアのサゴヤシから見つけられたもので、(特許申請中)、従来の菌の6~7倍の活力があり、大量培養も可能になっている。生でんぷんに直接作用する菌の利用は、アルコール発酵の省エネルギー化につながるもので、この菌の探索成功は関係方面から注目されている。

三つには、大量の未利用の生物資源を食料や飼料等に変換し広く利用しようとするもので、まず木材の粗飼料化では、広葉樹を物理的に蒸煮または爆砕処理し、飼育試験（ヤギ等）によって、飼料としての可能性を得ている。また大豆煮汁や水産加工廃液等から蛋白質等の有用成分を回収する技術として、膜処理技術を開発した。

四つには、未利用の生物資源をアルコール、メタン等に変換し、ローカルエネルギーとして活用しようとするもので、家畜ふん尿を原料としたメタンの効率的発酵法として2相式メタン発酵システムを開発した。またもみがらを乾留することにより燃焼ガス(Co, H<sub>2</sub>)を発生させる方法を開発し、現在テストプラントによる実験がすすめられつつある。

以上生物資源のうち遺伝資源とバイオマス資源について、その現状、研究の推進状況等について述べたが、これらの分野はいずれも今日まで立遅れていた分野であり、試験研究の蓄積も少ない。しかし、今後資源問題の重要性の一層の高まりに合せて、人類の将来にとって深い係わりを持たざるを得ない国民的課題として注目されるものと考えられる。これからますます力点を置いてこの方面の調査、技術開発、研究がすすめられることを希望したい。

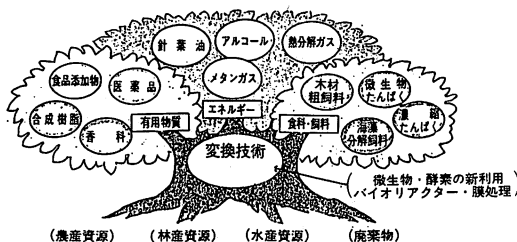


図-1 生物資源利用概念図