

(2) 世界の穀物増産とバイオエネルギー

第9回 研究会 (2008年10月3日)

茨城大学農学部教授

中川 光弘

1. 世界の食料問題の動向

世界の食料事情については、最近状況の悪化が懸念されている。FAOの推計では、世界の栄養不足人口は、2008年には9億6,300万人に達したことが報じられている(1)。この背景には、2007年以來の食料価格の高騰があり、途上国で購買力の弱い貧困者を中心に栄養不足人口が増加したことがある。この食料価格高騰の主因の一つに、アメリカやブラジルを中心に急増したバイオエネルギー生産がある。

1996年にローマのFAO本部に世界各国の首脳が集まって世界食料サミットが開催された。この世界食料サミットでは当時8億2,000万人と推定されていた世界の栄養不足人口を2015年までに半減させることが人類共通の目標として宣言された。しかし、その後の世界の食料事情の推移を見てみると、食料問題の解決が順調に進んでいないことがわかる。栄養不足人口を半減させる目標を掲げたにも関わらず、現実には栄養不足人口は増加しているのである(2)。

バイオエネルギー開発の問題を考える場合、世界の食料問題が依然改善されていない状況にあることへの配慮は重要であろう。特にサブサハラアフリカや南アジアでは、最近でも栄養不足人口は増加しており、バイオエネルギーの原料としての穀物需要の増加は、世界穀物市場を介してこれら最貧国の人々の栄養摂取に影響を及ぼすからである。

2. 世界の1人当たり穀物供給

世界の食料事情に最も影響を及ぼす要因は、世界人口1人当たりの穀物供給量の動向であろう。収穫された穀物は、人間の食用として、また家畜の飼料用として利用され、畜産物も含めた最終的な栄養供給のかなりの部分を規定している。これまで穀物は食用と飼料用に利用されていたが、これに新たにバイオエネルギー用需要が加わってきたわけである。

表1には、世界の1人当たりの穀物生産量の推移が示されている。これによると、世界の1人当たり穀物生産量は、世界的な人口爆発が懸念され、途上国人口の3割以上が栄養不足の状態にあった1960年には285kgであったが、その後「緑の革命」の成果もあり、1970年には

表 1 世界の人口 1 人当たり穀物生産量(kg/人年)

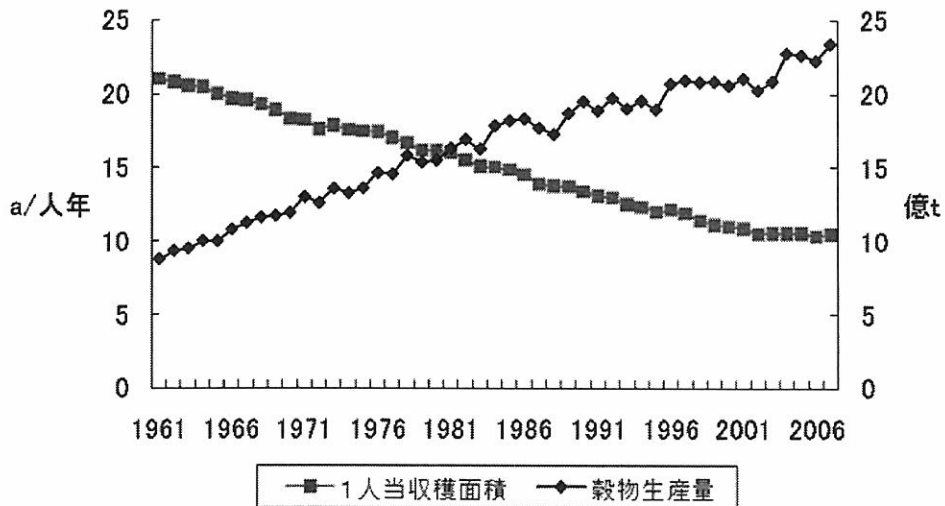
	1961	1970	1980	1990	2000	2006
穀物生産量	285	323	349	370	336	337

資料:“FAOSTAT:2009”からの計算

323kg まで増加した。穀物過剰が深刻化した 1990 年には 370kg まで増加したが、最近では 330kg 台の水準で推移している。

この 330kg 台の穀物生産を行うために、最近では 1 人当たり約 10a の穀物収穫面積を使っている。図 1 には、世界の 1 人当たりの穀物収穫面積と穀物生産量の推移が示されている。これによると、世界の 1 人当たりの穀物収穫面積は、1960 年代初頭には 22a ほどあったが、その後の人口増加の影響で現在はその半分以下の 10a まで減少したことがわかる。この間、世界の人口は 1961 年の 30 億人から 2007 年の 67 億人に倍増し、穀物収穫面積の方は 6.5 億 ha から 6.9 億 ha へ僅かに増加したに過ぎなかった。

図 1 世界の穀物生産量と人口 1 人当たり穀物収穫面積



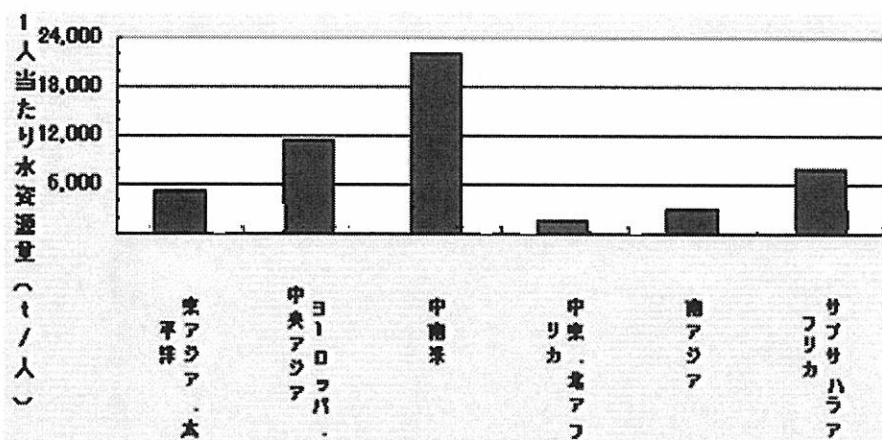
資料:FAOSTAT 2009

世界の人口は、今後も増加を続けることが予想されており、今世紀半ばには 90 億人近くに達することが予測されている。これに対して穀物収穫面積の方は、地球上の利用適地が既にほ

ば開発されつくされていることから、今後もそれ程は拡大しないことが見込まれている。この結果、1人当たりの穀物収穫面積は今後もさらに減少を続け、穀物生産をめぐる土地の制約がさらに高まることが予想される。

図2には、世界主要地域の水資源の賦存状況が示されている。1人当たりの収穫面積10aで約330kgの穀物を生産するのに世界平均で約2,000トンの農業用水が必要であるといわれている。この図によると、中近東地域は既にこの2,000トン水準を下回っており、水資源の賦存状況からみても穀物生産の自給が不可能な地域で、穀物輸入に依存せざるをえない地域であることがわかる。南アジア地域も近い将来水資源の制約が高まることが予想される。水資源については、人口増加とともに経済発展にもなって農業用需要だけでなく工業用需要、民生用需要も増加することが知られており、このことから食料生産に使える水資源の制約がさらに高まることが予想される。

図2 世界お主要地域別の水資源の賦存状況(1996年)



資料: World Bank “World Development Indicators 1998”

以上のように世界の穀物生産をめぐるのは、人口増加と経済発展にもなって土地と水資源の制約が高まっている。しかし、これまでの経緯を振り返って見ると、世界の穀物生産量は図1に示されているように1961年の8.7億トンから2007年の23.4億トンに増加してきた。人口増加率とはほぼ等しい増加率で穀物増産が達成されてきた。土地と水資源の制約が高まる中で穀物増産を実現させた主因は、技術進歩による単収上昇であった。以下、この穀物の単収上昇について、詳しく見てみることにする。

3. 世界の穀物単収の動向

表 2 には、世界の主要穀物の平均単収が示されている。これによると、主要穀物の中で ha 当たりの単収が最も高いのが砂糖黍の 6.87 トンで、次いでトウモロコシの 4.86 トンであることがわかる。光合成効率が高いといわれる C4 植物に属する砂糖黍とトウモロコシの単収が世界平均で見ても高いことがわかる。主食として重要な米は 4.12 トン（籾ベース）、小麦は 2.81 トンである。バイオエネルギーの原料としてブラジルなどで利用されている砂糖黍、アメリカなどで利用されているトウモロコシは、やはり主要穀物の中でも高い単収の作物である。

表 2 世界の穀物平均単収(トン/ha)

トウモロコシ	4.86
ソルガム	1.39
砂糖黍	6.87
小麦	2.81
米	4.12

資料：FAOSTAT: 2009. 2005～2007 年間の平均値。

表 3 には、これら主要穀物の単収上昇率の推移が示されている。これによると 1960 年代以降、砂糖黍の単収上昇率は一般に低く、品種改良などの技術進歩への取り組みが低調であったことが窺える。このことは逆に技術進歩への投資が今後増えれば、砂糖黍については単収が上昇するポテンシャルがあることを示唆している。

トウモロコシについては、これまでほぼ順調な単収上昇が続いてきた。特に 1970 年代にはハイブリッド種子の普及を中心に毎年 4%を上回るテンポで単収が上昇したことがわかる。2000 年以降も 2%を上回るテンポで単収上昇が続いている。

米については、「緑の革命」の成果などによって 60 年代と 80 年代に 2%を上回るテンポで単収が上昇した。しかし、90 年代以降はその上昇率が低下している。小麦についても 60 年代から 80 年代にかけては 2%を上回るテンポで単収が上昇したが、90 年代以降はその上昇率が低下している。米と小麦については、90 年代以降「緑の革命」の終焉がしばしば指摘されているが、この表からもその傾向が読み取れる。

表 3 世界の穀物単収上昇率(%/年)

	60 年代	70 年代	80 年代	90 年代	2000 年以降
トウモロコシ	2.15	4.16	1.56	1.88	2.29
ソルガム	2.69	3.12	0.02	0.06	1.01
砂糖黍	0.11	0.03	1.21	0.08	1.43
小麦	3.53	2.43	2.73	0.81	0.36

資料：FAOSTAT:2009 から計算。2000 年以降は 2000～2007 年間の平均上昇率

先に見た 1 人当たりの穀物供給に関して、トウモロコシ以外の穀物で 90 年代以降単収の上昇率が人口増加率を下回って推移していることは、この傾向が続く場合、1 人当たりの穀物生産量を 330kg 台で維持することが今後難しくなる可能性が高いことを示唆しており、世界的に技術進歩への投資を増やす必要があることを示している。

バイオエネルギー需要が新たに加わることを考えると、穀物単収の上昇率をさらに引き上げる必要があるわけであるが、ではどのぐらい単収上昇が可能なのか、アジアにおいて最も重要な穀物である米について、さらに詳しく見てみることにする。

4. 米単収上昇のポテンシャル

先に見たように米についての世界の平均単収は籾ベースで 1ha 当たり 4.1 トンである。この平均米単収は、2000 年以降毎年 0.97% で上昇を続けている。「緑の革命」の影響で、1960 年代と 80 年代は 2% を上回るテンポで上昇を続けたが、90 年代以降は人口増加率をかなり下回る 1% 程度の上昇率である。

バイオエタノール原料として米を使うことも検討され始めており、我が国においては新潟県で米を原料としたバイオエタノール生産が試行的に始まっている。これが産業として持続的に展開していくためには、やはり何と言っても超多収米の開発が実現することであろう。新潟県のバイオエタノール生産では、農家圃場でも ha 当たり 10 トン近くの収量を実現している超多収品種の「北陸 193 号」が主に使われている。

一方、米の世界の最高単収は ha 当たり約 19 トンといわれており、この数年間にわたって中国雲南省麗江市で記録されている(3)。ハイブリッド米である「協優 107」という品種を使って栽培された記録である。

麗江市は、中国では南の雲南省の北西部に位置する少数民族のナシ族が多く居住する所であ

るが、標高が 1,500m を上回っているため穏やかな気象条件に恵まれている。豊富な日射量と気温の大きな日格差、水はけのいい扇状地土壌と玉龍雪山山系の豊富な水資源に恵まれたおそらく中国でも最も稲作に適した土地だと思われる。生育期間が 190 日間と非常に長いのもここでの超多収栽培の特徴である。

この麗江市での記録を見る限り、ハイブリッド技術を利用し、さらに生育条件を整えてやれば、現在の稲作技術でも ha 当たり 20 トンぐらいまでは米単収上昇のポテンシャルがあると推察される。これは我が国の米の平均単収 6.5t の約 3 倍の水準である。

しかし、麗江市を訪れて農村での実際の稲作状況を調べてみると、ハイブリッド米が普及しているのは標高が 1,500m 程度の低い盆地平坦地で、それよりも標高が高い丘陵地ではハイブリッド米の普及は限られており、在来種の栽培が一般的である。さらにハイブリッド米栽培においては、毎年の種子更新や投入資材増投の問題、農家が新しい稲作技術に不慣れであることなどの問題もあり、農家段階でのハイブリッド米の平均単収は 8 トン程度であり、試験場での超多収記録と農家段階での実際の単収との間にはかなりのギャップが存在する。

5. 我が国における超多収米開発の動向

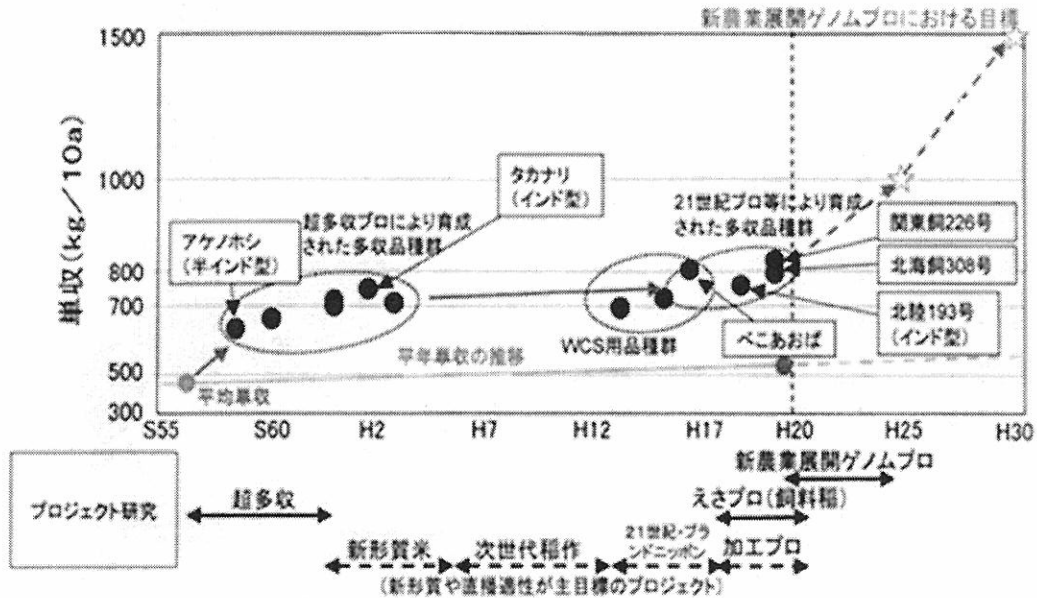
我が国においては 1970 年代に米の生産過剰を迎えて以降、多収米品種の開発は抑制されてきた。ハイブリッド米開発の研究も、比較的早い段階で打ち切られている。品種改良はもっぱら食味の優れた銘柄米の開発に重点が置かれてきたといえる。

しかし、最近になって飼料用やバイオエタノール原料としての米への社会的関心の高まり、国際的な穀物需給逼迫への懸念などから、多収米開発への取組みが再び始まっている。

図 3 には、我が国の米品種開発の見取り図が示されている。これによると、多様な米品種開発戦略の一つとして、超多収米開発も位置づけられていることがわかる。10 年後には、籼ベースで ha 当たり 15 トン水準の超多収米の開発も目指されており、この取組みが順調に進めばバイオエタノール原料としての米利用に向けた技術条件がかなり進展することが期待される。

表 4 には、主要品種の栽培結果がまとめられている。これによると、飼料米として開発されている北海道の「きたあおば」や茨城県の「モミロマン」などは玄米ベースで ha 当たり 8 トンを上回る収量をあげていることがわかる。

図3 我が国の多収稲の開発プラン



資料: 農林水産省、『水稻の品種開発』2008

6. バイオエネルギー原料としての米利用の展望

以上、バイオエネルギー原料としての穀物利用について、食料問題から見た世界の穀物需給の見通しや、世界の主要穀物の単収動向、我が国における超多収米開発の動向などについて振り返ってみた。

バイオエネルギー原料としての米利用に関しては、まず技術的課題の米単収の引き上げについては、現在の農学的知見や既存技術の応用によって比較的短期間でha当たり13トン程度を超える超多収米栽培の可能性は高いと予想される。

問題は、超多収米利用によるバイオエタノール生産の経済性である。現在新潟県で試験的に行われている米原料によるバイオエタノール生産のパイロット事業を見ると、かなりの補助金と参加農家の善意に支えられての事業展開であり、産業としての経済的自立の可能性は低い状況にある。

表5には、信岡らが推計した飼料米1kg当たりの必要粗収益が示されている(4)。これによると、玄米ベースで単収10a当たり1トンの場合で、2006年の必要粗収益は1kg当たり85.4円である。2006年のトウモロコシの輸入価格は18円前後であり、国際的に価格が高騰した2008年11月でも42円であった(5)。バイオエタノール原料の場合は、1kg当たり10円以下での買

表4 おもな飼料用品種の収量成績(育成地における移植栽培)

品種名 (比較品種)	育成地 所在地	出穂期 (月日)	成熟期 (月日)	稈長 (cm)	黄熟期 乾物重 (kg/a)	成熟期 風乾重 (kg/a)	玄米 収量 (kg/a)	推定TDN 含量 (%) ^{*1}	推定TDN 収量 (kg/a)
きたあおば	北海道	8.01	9.27	79	142	176	83	60.9	89
(きらら397)	札幌市	8.01	9.20	69	122	145	65	59.3	73
ぺこごのみ	秋田県	7.25	8.31	79	117	155	69	62.1	73
(アキヒカリ)	大崎市	7.29	9.01	75	110	149	65	62.5	69
夢あおば	新潟県	7.29	9.10	86	152	173	72	61.2	93
(ふくひびき)	上越市	7.27	9.07	78	144	161	74	61.6	89
ぺこあおば	秋田県	8.07	9.24	70	137	177	73	61.9	85
(ふくひびき)	大崎市	8.04	9.12	72	123	154	69	62.9	77
クサユタカ	新潟県	8.05	9.26	87	150 ^{*5}	171	73	58.1	94
(オオチカラ)	上越市	8.06	9.23	88	150 ^{*5}	170	70	58.9	91
(キヌヒカリ)		8.06	9.21	85	144 ^{*5}	164	63	-	-
ホシアオバ ³	広島県	8.13	9.31	101	152	191	71	58.6	91
(クサホナミ)	福山市	8.24	10.13	96	150	186	61	58.3	88
たちすがた	茨城県	8.11	10.05	109	202	219	60	59.6	120
(日本晴)	つくばみらい市	8.16	9.27	90	175	185	56	58.0	101
モミロマン	茨城県	8.15	10.09	89	180	212	82	61.0	110
(日本晴)	つくばみらい市	8.17	9.27	90	176	187	60	57.9	102
ミナミユタカ	宮崎県	8.28	10.08	101	129 ^{*5}	147	31	-	-
モーれつ	佐土原町	8.28	10.08	104	121 ^{*5}	137	27	-	-
(ユメヒカリ)		8.30	10.10	71	121 ^{*5}	138	40	-	-
ニシアオバ	福岡県	8.19	9.28	105	197	224	65 ^{*2}	59.3	117
(ニシホマレ)	筑後市	8.21	9.26	93	172	194	56 ^{*2}	59.1	101
クサホナミ ⁴	茨城県	8.24	10.08	95	185	208	67	59.2	110
(はまさり)	つくばみらい市	8.30	10.07	96	167	190	46	61.1	105
クサノホシ ³	広島県	8.28	10.18	104	163	208	65	57.1	94
(クサホナミ)	福山市	8.24	10.13	96	150	186	61	58.3	88
リーフスター	茨城県	8.31	10.16	109	192	214	42	61.0	117
(はまさり)	つくばみらい市	8.31	10.08	96	173	192	51	60.7	105
タチアオバ	福岡県	8.29	10.03	107	213	241	66	55.7	119
(ミナミヒカリ)	筑後市	8.25	9.23	86	169	195	56	55.4	93

ホシアオバ、クサホナミ、クサノホシ以外は新品種決定に関する参考成績書による。

*1: 畜産草地研究所の推定式による。

*2: 籾重。

*3: 育成地におけるH15-19の平均値。なおTDNの測定はH16-H19の平均値。

*4: 育成地におけるH11-12、H14-16、H18-19の平均値。なおTDNの測定はH14-16、H19の平均値。

*5: 風乾での水分含量を12%とした成熟期の推定値。

資料: 農業食品産業総合技術研究機構「米とワラの多収目指して2008」より

取りが必要とされているので、玄米ベースでの単収 ha 当たり 10 トン水準でもその経済的見通しは厳しいといえる。

表 5 飼料米 1kg 当たり必要粗収益(単位:円)

年次	単 収	
	800kg	1,000kg
1999	137.4	104.4
2000	146.7	111.8
2001	142.2	108.3
2002	130.1	98.6
2003	162.3	124.4
2004	120.5	90.9
2005	117.9	88.8
2006	113.7	85.4

資料: 信岡誠治・小栗克之(2009)より

当面は飼料米利用を目指した超多収米の品種開発を進めて、我が国における超多収栽培技術の知見を蓄積し、国際エネルギー需給や国際食料需給の逼迫化、第二世代のバイオエネルギー技術の実用化に備えておくことが、当面は堅実で現実的な対応といえよう。

引用文献

- (1) FAO, Newsletter, February 2009.
- (2) FAO, World Food Summit: Five Years Later, 2002.
- (3) 「中国超収稲再刷新世界高産記録」『人民日報』2006年9月8日版。
- (4) 信岡誠治・小栗克之「飼料米の経営経済的可能性－飼料米の必要粗収益と飼料用トウモロコシの輸入価格との関係－」(2009年度日本農業経済学会大会個別報告論文), 2009.
- (5) 財務省『貿易統計』, 2008.

(おわり)