

第一回佐野藤三郎記念 食の新潟国際賞

受賞記念講演要旨

数十億人に食糧を供給：
高まる世界の食糧需要に対応するうえでアフリカが果たす役割

モンティ・パトリック・ジョーンズ
アフリカ農業研究フォーラム事務局長

世界の食糧需要は引き続き急増するだろう。約 20 億人以上の需要を満たすと同時に、すでに深刻な食糧不足・食糧不安にみまわれている 10 億人の食糧安全保障を改善しなければならない。逆説的になるが、アフリカは最も大きな懸念をもたらしていると同時に、その懸念の解決策となる可能性が最も大きい。というのもアフリカは、飢餓にあえぐ極貧層の割合が最大で、人口が最も急速に増えているものの、作物・家畜の実生産高と潜在生産高との格差も最大で、耕作地として利用されうる土地が最も広大だからである。

この可能性を実現するためにアフリカは、農業生産の改善を支持・促進する農業制度構造の改革に向けて多大な努力を払っている。そのためには、農場生産性の向上、情報・通信・学習システムの改善、人材や制度面での能力強化が必要である。

これらの活動の成否は、アフリカの農業研究、開発および能力強化において大陸レベル・世界レベルで連携し、相互の利益を実現できるかどうかにかかっている。これを促進するためにアフリカは、連携に関する指針や原則を立案・実施するとともに、開発援助機構から恩恵を受けている。

アフリカは年率 6%の生産増という目標を掲げている。食糧安全保障を持続的に改善しつつ急増する人口のニーズを満たすためには、このペースの増加が必要なのである。

包括的アフリカ農業開発プログラム (CAADP) とアフリカ農業生産性の枠組み (FAAP) は、農業研究や技術導入・普及にあたって、活動の効果を最大限に高めるために取り組むべき任務について詳述している。最大限の効果を確保するには、すべての農業研究開発・能力強化機関が、どうすれば最も効果的に互いに価値を付加できるかに焦点を合わせる必要がある。この連携はアフリカ内外の機関双方の利益につながるものであり、可能な限り効果的に連携しなければならない。

日本は、当初は二国間稲作振興プロジェクトを通じて、最近では国際的なアフリカ稲作振興のための共同体 (CARD) を通じて、そのような連携を先導してきた。

アフリカ農業研究フォーラム (FARA) はこの連携の先頭に立ち、開発、科学的研究および能力強化にあたってアフリカ諸機関の間で、またアフリカ域外のパートナーとの間で、双方に利益をもたらす連携を促進・助長・支援している。FARA および事務局は、今後とも相互に有利な連携を推進していく。

**Feeding the billions:
Africa's role in meeting the needs of the growing global population**

Dr. Monty Patrick Jones

Executive Director,
Forum for Agricultural Research in Africa, Sierra Leone

The global demand for food will continue to rise rapidly to meet the needs of about two billion more people and at the same time improve the food security of the 1 billion who are already enduring severe food shortages and insecurity. Paradoxically Africa is both the cause for most concern and the best hope for its resolution, because while it has the highest proportion of extremely poor and hungry people and fastest growing population it also has the greatest gaps between the actual and potential crop and livestock yields and the most under used arable land.

To realise the hope Africa is making great effort to reform its agricultural institutional structures that will underpin and drive improved agricultural production that will be derived from improved farm productivity, better information, communication and learning systems and strengthened human and institutional capacity.

These actions depend on a realisation of the mutual interests for continental and global collaboration in African agricultural research, development and capacity strengthening, which Africa is fostering by developing and implementing guidelines and principles for collaboration and benefiting from development assistance.

Africa is making progress towards the goal of 6% growth per annum in production which is required to achieve sustainable improvements in food security while also meeting the needs of a rapidly expanding population.

The Comprehensive Africa Agriculture Development Programme (CAADP) and the Framework for African Agricultural Productivity (FAAP) set out how the stakeholders in agricultural research and technology dissemination and adoption should address their tasks to maximize their effectiveness. This depends on all agricultural research development, research and capacity strengthening institutions focusing on how they can add value most effectively to each other's efforts. Both African and non-African institutions must collaborate as effectively as they can because it is in both their vested interests to do so.

Japan has led the way in such collaboration initially through bilateral rice development projects but more recently through the international Coalition for African Rice Development (CARD).

The Forum for Agricultural Research in Africa (FARA) has been at the forefront of such collaboration by catalyzing, facilitating and supporting mutually beneficial collaboration between African institutions themselves and with non-African partners in development, science and capacity strengthening. The Forum and its Secretariat will continue to advance mutually advantageous collaboration.

世界の食糧安全保障に向けたハイブリッド米の開発

袁 隆平

中国国家雑交水稻作業技術センター

世界人口は現在すでに 60 億人を超えており、2030 年には 80 億人に達するだろう。一方、用途変更される土地の面積は年間 1,000 万～3,500 万ヘクタールで、うち半分が耕作地からの転用である。2030 年には、米生産量を 1995 年比で 60%増やさなければならないと予想される。現在、1 ヘクタールの米生産で 27 人に食糧を供給しているが、2050 年までには、1 ヘクタールで 43 人を養わなければならない。人口増加圧力に加えて耕作地も減少するというそのような厳しい状況を考えれば、科学・技術の進歩によって食用作物の単位面積当たり収量水準を大幅に増やすことが、食糧不足問題を解決する唯一の方法であることは明白である。

米は主要な食用作物であり、世界人口の過半数に食糧を供給している。したがって米生産の増加は、食糧安全保障と貧困緩和において非常に重要な役割を果たす。理論的には、米の収量を増やせる潜在的可能性はまだ大いにあり、そのための方法も数多くある。例えば、灌漑工事の促進、土壌条件の改良、栽培技術の開発、多収性品種の育種などが挙げられる。現在のところ、その中で最も効果的かつ経済的な方法は、中国の成功例に基づくハイブリッド品種の開発であると思われる。

実際に長年の間に、ハイブリッド米の収量は改良型同系交配種より 20%以上多いことが判明している。近年、ハイブリッド米は中国で米作面積全体の 57%に相当する 1,600 万ヘクタールを占めている。ハイブリッド米の全国平均収量は 1 ヘクタール当たり 7.2 トンで、同系交配種 (5.8 トン) より約 1.4 トン多い。中国ではハイブリッド米の増加による年間穀粒生産量の増加で、毎年 7,000 万人分の食糧を供給することができる。したがってハイブリッド米は、中国の食糧問題を解決し、中国を世界最大の食糧自給国にするうえで重要な役割を果たしている。

中国はハイブリッド米技術の開発ペースを速めている。特に、1996 年のスーパー・ライス研究プログラム開始以降、スーパー・ハイブリッド米品種の開発において良い結果が出ている。いくつかの先駆的なスーパー・ハイブリッド品種の収量は、商業規模で現行の多収性ハイブリッドを約 20%上回っている。近年、スーパー・ハイブリッド米の作付面積は 200 万ヘクタールに達しており、平均収量は 1 ヘクタール当たり約 8.5 トンである。加えて、2 系統型スーパー・ハイブリッド品種の P64S/E32 と 3 系統型スーパー・ハイブリッド品種の II-32A/Ming86 は、それぞれ 1 ヘクタール当たり 17.1 トン、17.95 トンという記録的収量を達成した。他方、スーパー・ハイブリッド米品種の穀粒品質は非常に高い。第 1 世代スーパー・ハイブリッド米 (収量水準 1 ヘクタール当たり 10.5 トン) の開発に成功したあと、第 2 世代スーパー・ハイブリッド米 (収量目標 1 ヘクタール当たり 12 トン) の育種に努力を傾注し、成果を上げている。例えば 2003 年、湖南省にある 6.7 ヘクタールの水田 5 カ所で、第 2 段階スーパー・ハイブリッド米品種の収量が 1 ヘクタール当たり 12 トン以上に達した。2004 年には華南諸省で、6.7 ヘクタールまたは 67 ヘクタールの水田 12 カ所の収量水準が 1 ヘクタール当たり 12 トンに達した。これらのハイブリッド品種は 2006 年以降、商業生産に入っている。2009 年の作付面積は 30 万ヘクタールで、平均収量は 1 ヘクタール当たり 9 トンを超

えた。上記の事実は、スーパー・ハイブリッド米の今後が非常に明るいことを示している。中国でスーパー・ハイブリッド米が年間 1,000 万ヘクタールで栽培された場合、収量の増加を 1 ヘクタール当たり 2 トンとすれば、穀粒生産の年間増加量は 2,000 万トンに達し、毎年さらに 7,000 万人分の食糧を供給できるようになると予想される。

ハイブリッド米は、中国のみならず他の国々でも、収量を大幅に増やす実に効果的な手法であることが判明している。ベトナムとインドは、何年も前からハイブリッド米の商業生産を実施している。ベトナムでは 2008 年、約 60 万ヘクタールでハイブリッド米を栽培しており、平均収量は、ハイブリッド米が 1 ヘクタール当たり 6.3 トン、同系交配種が同 4.5 トンである。長年にわたって大規模なハイブリッド米の商業生産を実施してきたおかげで、ベトナムは世界第 2 位の米輸出国となっている。さらに、フィリピン、バングラデシュ、インドネシア、パキスタン、エジプト、アメリカなど、その他多くの国々もハイブリッド米技術の普及に大成功を収めている。例えばフィリピンでは、中国国家雑交水稻作業技術センターの技術援助により、2002 年からハイブリッド米が商業化されている。フィリピンにいる私の助手が、SL-8 と呼ばれるスーパー・ハイブリッド米品種を開発した。この品種は 2003 年に約 3,000 ヘクタールで栽培され、平均収量は全国平均の倍以上の 1 ヘクタール当たり 8.5 トンだった。2009 年には、ハイブリッド米の作付面積は 23 万 3,000 ヘクタールに広がり、収量は全国平均よりも 1 ヘクタール当たり 2 トン多い。この業績に基づいて、フィリピン政府は意欲的な計画を立てている。その目標は、ハイブリッド米の作付面積を 2012 年までに 100 万ヘクタールへと拡大することである。超大国のアメリカにおいてさえ、ハイブリッド米の収量は地方種を (20%) 上回っている。2009 年のハイブリッド米の作付面積は 35 万ヘクタールであった。

これらの事実から明らかなように、中国で開発されたハイブリッド米技術は、世界中で米の収量を大幅に増やすうえでも効果がある。もし在来品種の 50% がハイブリッド米に置き換えられたとすると、ハイブリッド米の収量が 1 ヘクタール当たり 2 トン多いとして、世界の米生産総量はさらに 1 億 5,000 万トン増え、毎年あと 4 億人に食糧を供給できるようになると推定される。

したがって、科学・技術の進歩や、政府、民間部門、NGO など他のあらゆる部門、特に国連食糧農業機関 (FAO) や国際稲研究所 (IRRI) の取組みを通して、ハイブリッド米は商業生産に移行する可能性が非常に高く、新世紀に世界中で未来の食糧安全保障を確保するにあたって引き続き重要な役割を果たすだろう、と私は確信している。

Development of Hybrid Rice for Food Security in the World

Long-Ping Yuan

China National Hybrid Rice Research and Development Center

The current world population is over 6 billion and will reach 8 billion in 2030. Meanwhile, the annual loss of land to other use is 10 to 35 million hectares, with half of this lost land coming from cropland. It is expected that 60% more rice should be produced in 2030 than in 1995. Currently, 1 ha for rice production provides food for 27 people. By 2050, 1 ha will have to support 43 people. Facing such severe situation of population growth pressure plus cropland reduction, it is obvious that the only way to solve food shortage problem is to greatly enhance the yield level of food crops per unit land area through advance of science and technology.

Rice is a main food crop. It feeds more than half of world population. Therefore, to increase production of rice plays a very important role in food security and poverty alleviation. Theoretically, rice still has great yield potential to be tapped and there are many ways to raise rice yield, such as building of irrigation works, improvement of soil conditions, cultural techniques and breeding of high yielding varieties. Among them, it seems at present that the most effective and economic way available is to develop hybrid varieties based on the successful experience in China.

It has proved practically for many years that hybrid rice has more than 20% yield advantage over improved inbred varieties. In recent years, hybrid rice covers 57% or 16 million ha of the total rice area in China. The nationwide average yield of hybrid rice is 7.2 t/ha, about 1.4 t/ha higher than that of inbred varieties (5.8 t/ha). The yearly increased grains in China due to growing hybrid rice can feed 70 million people each year. Therefore, hybrid rice has been playing a critical role in solving the food problem of China thus making China the largest food self-sufficient country.

China makes increasing progress in development of hybrid rice technology. Especially, good results have been achieved in developing super hybrid rice varieties since the initiation of the super rice research program in 1996. Several pioneer super hybrids have a yield advantage of around 20% over current high yielding hybrids on commercial scale. In recent years the area planted to super hybrid rice is 2 million ha with an average yield of around 8.5 t/ha. In addition, a two-line super hybrid P64S/E32 and a three-line super hybrid II-32A/Ming86 created a record yield of 17.1 t/ha and 17.95 t/ha, respectively. In the meantime, grain quality of super hybrid rice varieties is very good. After the successful development of the first generation super hybrid rice (yield level at 10.5 t/ha), efforts were focused on breeding the second generation super hybrid rice (yield target is 12 t/ha) and good results have been obtained. For example, in 2003, the second phase super hybrid rice varieties yielded over 12 t/ha at five 6.7-ha locations in Hunan Province. In 2004, twelve 6.7-ha or 67-ha locations in the southern provinces reached the yield level of 12 t/ha. These hybrids have been released for commercial production since 2006. The area under them was 300,000 ha in 2009 and the average yield was over 9 t/ha. The above facts indicate that the super hybrid rice shows a very bright future. If super hybrid rice covers an annual area of 10 million ha in China and calculating by a yield increase of 2 t/ha, it is expected that the annual increased grains will reach 20

million tons, which means another 70 million more people can be fed every year. Hybrid rice has been proved to be a very effective approach to greatly increase yield not only in China, but also outside China. Vietnam and India have commercialized hybrid rice for years. In 2008, about 600,000 hectares were covered with rice hybrids in Vietnam. On average, the yield of rice hybrids is 6.3 t/ha while that of the inbred varieties is 4.5 t/ha. Because of planting hybrid rice on large-scale commercial production for years, Vietnam becomes the second largest rice export country. Besides, many other countries, such as the Philippines, Bangladesh, Indonesia, Pakistan, Egypt and USA, have also achieved great success in extending hybrid rice technology. For example, in the Philippines, under technical assistance from China National Hybrid Rice R&D Center, hybrid rice has been commercialized since 2002. Especially, a super hybrid rice variety called SL-8 has been developed by my assistant in the Philippines, it was planted to about 3,000 ha in 2003 and the average yield was 8.5 t/ha, more than doubled the country's average yield. In 2009, the area under rice hybrids was expanded to 233,000 ha and the yield advantage is two tons per ha. Based on this achievement, the Philippines government has made an ambitious plan. The target is to expand the area of hybrid rice to one million ha by 2012. Even in USA, the super country, hybrid rice also has greater yield advantage (>20%) over their local varieties. The area under hybrid rice was 350,000 ha in 2009. These facts clearly show that hybrid rice technology developed by China is also effective to greatly increase rice yield worldwide. If 50% of conventional rice is replaced by hybrid rice, and calculating on a 2 t/ha yield advantage of hybrid rice, it is estimated that the total rice production in the world will be increased by another 150 million tons of rice, which can feed 400 million people each year. Therefore, I firmly believe that hybrid rice, relying on scientific and technological advances and the efforts from all other aspects, including governments, private sectors, NGO and particularly from FAO and IRRI, will have a very good prospect for commercial production and continue to play a key role in ensuring the future food security worldwide in the new century.

キノコ遺伝子データベースの波及効果

藤森文啓

東京家政大学家政学部環境教育学科生物工学研究室准教授

爆発的な世界人口の増加に対応できる食糧の安定供給のためには、遺伝子マーカーなどを活用した新品種等の開発を加速する必要がある。また非食用部分の活用方法を模索することは、限られた耕地面積を有効に使うという意味においても重要である。人工栽培キノコは食品としての利用に加えて食品以外の利用範囲も広く、また非食用部分の活用なども多岐に渡っていることなどから、食品応用学のモデル生物として最適である。

実際のキノコ人工栽培においては、安定的な形や味を維持するためには経験やノウハウが必要とされているが、食の大量・安定供給という観点からは科学的な視点での栽培計画が必要とされる。世界的には動物・植物・微生物などの多くの生物種でゲノム解析が盛んに行われているが(2010年10月現在NCBIデータでは2503種類が完了または解析進行中)、その中でも食用キノコはヒラタケとマッシュルームの2種のみがゲノム解読完了であるというようにその解析数は非常に少ない。そこで日本において代表的な食用キノコであるマイタケ、エリンギ、ブナシメジ、シイタケとマツタケの5種のトランスクリプトームデータ(遺伝子発現データ)を取得し、科学的な栽培計画等に应用するためのデータベース構築を行ってきた。

構築した遺伝子発現データベースは、たとえばキノコと呼ばれる子実体を形成するときに使われる遺伝子群の特定、すなわち子実体形成の分子メカニズムの理解へとつながり、最終的には人工培養できないキノコ類の人工栽培技術の確立へと繋がるものと考えている。さらには変異体キノコの形成に関わる多数の遺伝子群を特定できるようになったことで、工場におけるキノコ栽培で生じる変異形質(奇形)の排除と安定的な形質の維持管理への道筋がついた。また遺伝子の発現挙動を知ることは、栽培条件などをコントロールし易くするばかりでなく、食品以外の活用面でも実績をあげている。一つの例として、細胞表面の脂質複合体(ラフト)に結合するマイタケ固有のタンパク質がデータベースから見いだされていることが挙げられる。ラフトは細胞内外の物質輸送に重要な役割を果たしているが、その基礎的な挙動解析は今までは難しかった。見いだされたタンパク質は細胞毒性が低く、生きたままの細胞中での物質輸送の仕組み解析に応用できることなどから、基礎生物学や医療などへの応用展開の可能性が広がっている。このようにキノコ遺伝子発現データベースによってもたらされる恩恵は計り知れない。

Broad Applications of Database of Mushroom Genetics

Fumihito Fujimori

Environmental Biotechnology Laboratory, Department of Environmental Education,
Faculty of Home Economics, Tokyo Kasei University
Associate Professor

To ensure a stable food supply to accommodate the explosive growth of the world population, we need to accelerate the development of varieties that incorporate genetic markers. Seeking ways to use non-edible plant parts is also important to effectively use limited arable land area. In addition to the food uses of artificially cultivated mushrooms, they also have a wide range of non-food applications, and their non-edible parts have a wide range of uses, making them an ideal model organism for applied food science.

Maintaining a stable shape and taste requires experience and expertise in cultivating mushrooms, but ensuring large quantities and a stable supply of food requires a scientific cultivation plan. Globally, the genomes of many species, including animals, plants, and microorganisms, have been mapped (as of October 2010, according to NCBI data, the genome of 2503 species are completely mapped or in progress). Among them, the common mushroom and the oyster mushroom are the only species of edible mushrooms that have completely mapped genomes, which is very few. Consequently, I have collected the transcriptomes (gene expression data) of five representative species of Japanese edible mushrooms, maitake, king oyster mushroom, brown beech mushroom, shiitake, and matsutake, and built a database for applications such as scientific cultivation plans.

The gene expression database can be thought of as, for example, specifying the gene clusters that form the fruiting bodies known as mushrooms, leading to an understanding of the molecular mechanism of the formation of fruiting bodies, and ultimately leading to the establishment of artificial cultivation techniques for mushrooms species that cannot currently be cultivated. Furthermore, many gene clusters involved in the formation of mutant mushrooms can now be identified, allowing us to begin eliminating variant traits (anomalies) caused by mushroom cultivation in the laboratory and to begin maintaining stable traits. Knowing the gene expression behavior not only allows us to easily control cultivation conditions, but also contributes to non-food applications. As one example, a specific maitake protein that binds to human lipid rafts on cell surfaces has been found using the database. Rafts have an important role in transporting materials in and out of the cell, but until now, analyzing the underlying behavior was difficult. The discovered protein has a low cytotoxicity, and because it can be used to analyze the mechanism of transporting materials inside live cells, applications can be developed in fields such as basic biology and medicine. Thus, the mushroom gene expression database provides immense benefits.