

Status and Prospects of Agricultural Mechanization in Japan

Minoru Yamazaki
President of JSAM
Professor of Kyoto University
Sakyo-ku, Kyoto, 606-01, JAPAN

1. The present state of Agriculture in Japan

Rapid growth of economy beginning from the early 1960's promoted farm mechanization in Japan. Thereafter, riding tractors and their tillage implements, rice transplanters, fertilizer and pesticide applicators and head-feeding combines have been rapidly developed. It may be said that the mechanization system of rice cropping has been completed. However in 1993, the minimum access concerning with free trade of rice based on the mutual agreement in the GATT Uruguay Round was concluded. As the result of it , Japan has now the obligation to import 4 - 8 % of its rice consumption. Currently, Japanese agriculture is facing growing problems because of the shortage of efficient farmers and higher production cost when compared with international agricultural production. Demands for innovative technologies to overcome the problems mentioned above are strong, and I believe, research and development in agricultural machinery is also entering on a new phase in Japan.

1.1 Farm lands

Table 1 shows the comparative statistics on farm land between Japan, U.S.A., U.K. and France. A notable figure is Japan's unit farmland, area per

Table 1. Comparative Statistics of farmland¹⁾

	Japan	U. S. A.	U. K.	France
Cultivated area (1,000 ha)	5,080	394,580	17,140	30,530
Area per farm (ha)	1.5	191	70	35
Area per capita (a)	4	1,675	31	53
Price of farmland (1,000 Yen/10 a)	1,690	16	64	40

1) An agricultural white paper. Agriculture and Forestry Statistics Association, 1996

farming unit.

Farms in Japan as well as other Asian countries are very small scale operations. The percentage of forest is highest in Japan and that of arable land is almost same as the world average (Fig. 1). These statistics characterize not only the agricultural machines developed but also the entire production systems. It is said that three fourth of farms in the world are of small scale. Accordingly, how to mechanize small scale farm efficiently is an important subject for the majority of humankind.

Agricultural land area totaled almost 6,000,000 ha in 1960. But as a result of rapid economic growth, increasing demands for residential, industrial and transportation sectors have

impinged upon farm land. The farm land in 1995 amounted to 5,040,000 ha, of which 54.5 % is in paddy fields, 24.3 % in dry fields, 8.1 % in orchards and 13.1 % in pasture. As noted in Table 2, average farm land area per farming unit is 1.47 ha.

Paddy fields in Japan have been decreasing on a yearly basis, as the result of government policy to convert paddy fields to other uses on account of perpetual supply surplus of rice. The conversion of paddy field to other uses began in 1978 and the converted area has increased to 600,000 - 700,000 ha. In addition, fallow farm lands can sometimes be seen in remote and secluded

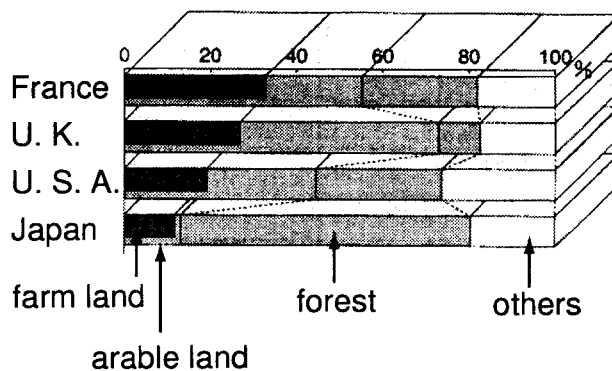


Fig. 1 Distribution of Land Use¹⁾

Table 2. Distribution of farmland in Japan

Total area of farmland in Japan

1960, 6 million ha

1995, 5 million ha

Paddy fields 2.75 million ha

Dry fields 1.23 million ha

Orchards 0.41 million ha

Pastures 0.66 million ha

Farm land per farm is 1.47 ha.

areas, further decreasing farm lands.

As to the scale of farms in Japan, there is a gradual increase in the size of farming unit to more than 3 ha and gradual decrease of small scale farms of 0.5 - 1.5 ha (Fig. 2). The enlargement of farm scale is mainly by lease. Farms with more than 5 ha and paddy field areas managed by rice crop service cooperations are increasing all over the country.

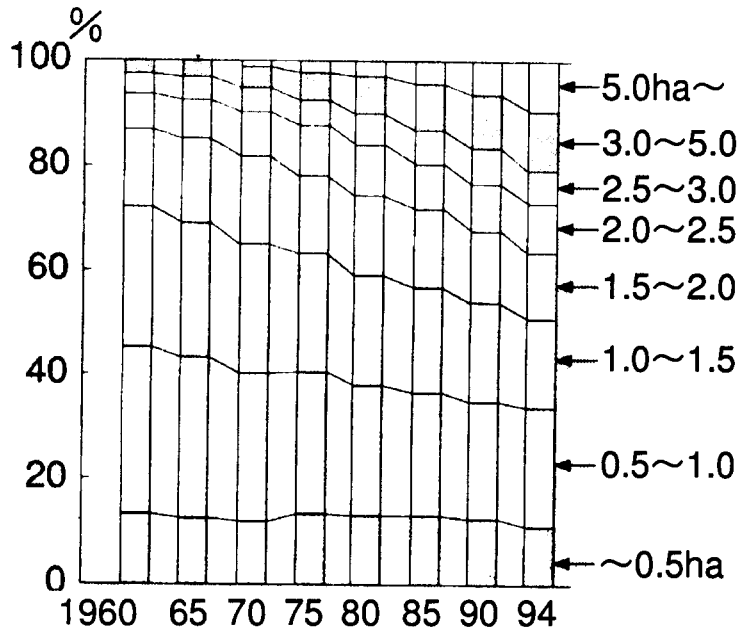


Fig. 2 Distribution by Farm Scale¹⁾

1.2 Farmers

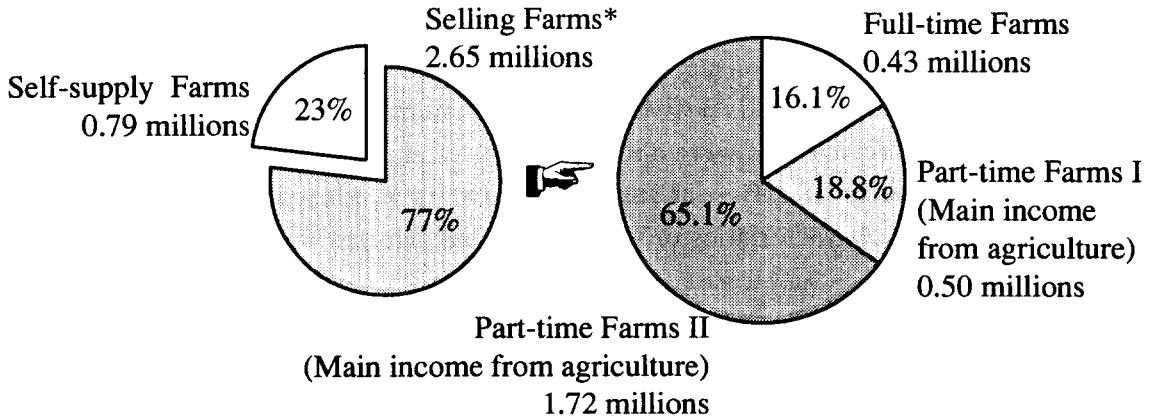
The 6,000,000 farms in 1960 has decreased to 3,440,000 in 1995. As shown in Fig. 3, selling farms, which are defined as a farm having farmland more than 30 a or farm produce sale of more than 500,000 Yen per year, account for 77 % of the total, and about 16 % of them are full-time farms.

Selling farms consist of mono-product farms (79 %), semi-diversified farms (16 %) and diversified farms (5 %). Among the mono-product farms, rice crop farms amount to 66%, orchard farms 9.4 % and vegetable farms 7%.

The age distribution of farmers is shown in Fig. 4. A matter of importance

Total number of farms

1960. 6 millions
 1995. 3.44 millions (43% reduction)



* Farms having more than 30a of land or selling farm products more than 500,000 Yen per year.

Fig.3 Farms in Japan

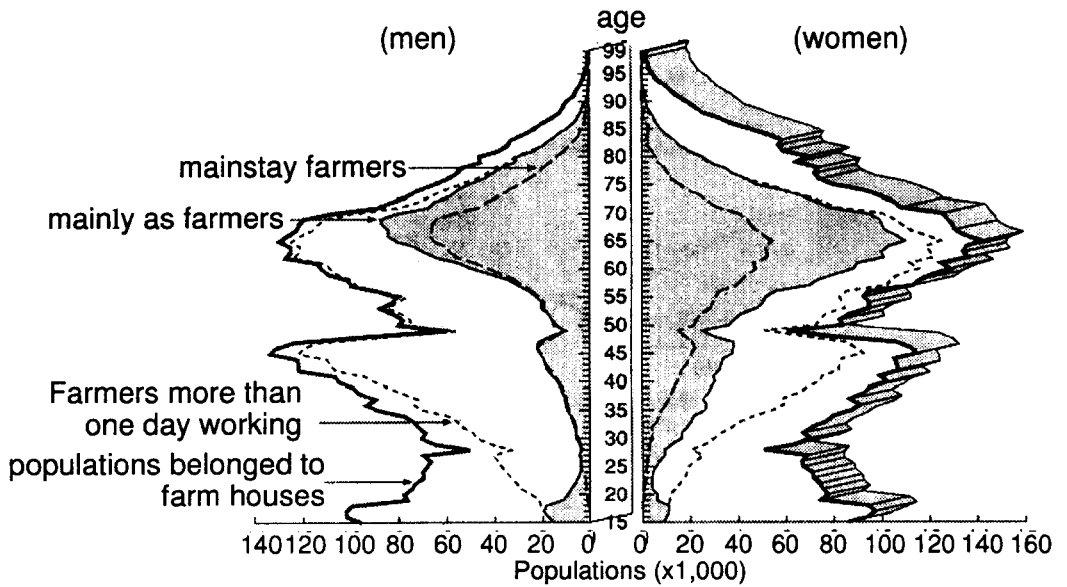


Fig. 4 Farmers by Age and Sex (1996)¹⁾

is that there is a peak age of between sixty and seventy for both sexes in the curves denoting the numbers of mainstay farmers and the farmers mainly engaged with agriculture. And the second peak appears in the forties age group representing the second generation farmers. The aged mainstay farmers will retire in the next several years.

According to 1996 census, mainstay farmers amount to 2,634,000 and 33.6 % of them is more than sixty five in age. The numbers of young people who began to work agriculture were about two thousand per year.

The decrease of efficient mainstay farmers is also one of the factors influencing the characteristics of agricultural mechanization in Japan.

1.3 Food supply

Many years have elapsed since the diet of Japanese have been changing. While the consumption of meat and dairy products has increased, rice consumption has been decreasing year by year (Fig. 5). This diversified, rich diet is sharply dependent on the imports of raw materials from abroad. Self-supply rate of foods in Table 3 shows dramatically that a large portion of feed grains and soybean which are indispensable for producing dairy products and meat as well as oils & fats depends on the imports from abroad. And, it also indicates that sufficiency of foods calculated by calorific basis is less than 50 %.

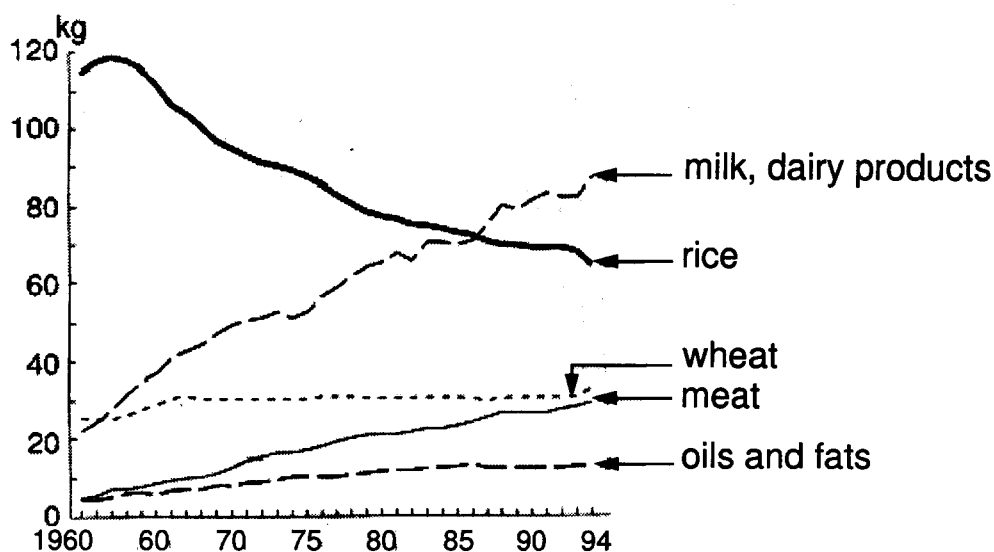


Fig. 5 Trend of Foods in Japan¹⁾

Table 3. Self-sufficiency in foods in Japan¹⁾

Foods • Year	1980	1985	1990	1994
Rice	100 %	107 %	100 %	120 %
Wheat	10	14	15	9
Beans	7	8	8	5
Vegetables	97	95	91	86
Fruits	81	77	63	47
Meats	81	81	70	60
Egg	98	98	98	96
Milk & Dairy products	82	85	78	73
Fishery products	104	96	86	73
Sugar	27	33	33	29
Total self-sufficiency	69	69	67	74
Total calorie sufficiency	53	52	47	46
Total grain sufficiency	33	31	30	33

It is estimated that 1,200,000 ha of farmlands, more than twice the farm land in Japan, are utilized abroad to produce the amount of Japan's imported foods. Our Government is framing a policy of securing a stable food import in addition to domestic production, and of an appropriate food bank for emergency needs.

As a result of the mutual agreement in the GATT Uruguay Round, a new food law was enforced in Japan. The degree of freedom on rice distribution was enlarged, resulting stiff competition. Thus, a reduction in production costs is the most important target when new agricultural systems are developed.

1.4 Spread of main farm machinery

An intensive suite of agricultural technologies have been vigorously introduced in Japan since 1960 (Fig. 6). During these thirty years from 1960 to 1990, the introduction of farm machinery as well as application of pesticides increased seven times, and fertilizers and energy used increased by one and half times. In contrast, the amount of labor decreased to almost a half, mainly by the utilization of farm machinery. The application rate of manures decreased remarkably too.

There has been a small increase or a decrease in the numbers of main farm machinery utilized. According to the recent census of 1995 (Table 4), power tillers, rice transplanters, binders and grain dryers decreased in numbers, while riding tractors increased in these five years. Another tendency is that the

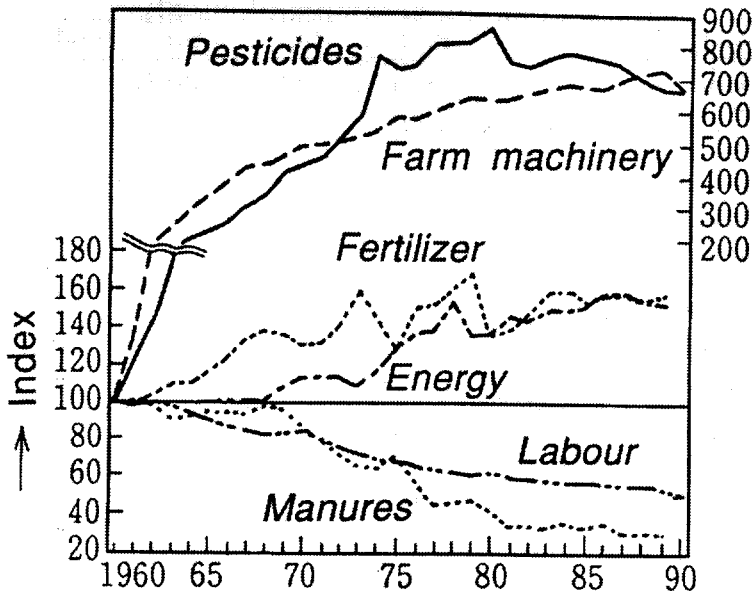


Fig. 6 Trend of Intensive Agriculture in Japan (on the basis of 1960)

Table 4. Utilization of Agricultural Machinery

(including co-ownership)

Kind of Mahines	1990	1995	95/90 (%)	Units per 100 farms*
Power tiller	2,185,400	1,714,006	78.4	48.8
Tractor	2,142,250	2,309,211	107.8	63.8
- 15 PS	643,010	613,956	95.5	-
15 - 30 PS	1,262,660	1,383,861	109.6	-
30 PS -	236,580	311,394	131.6	-
Pesticide Applicator	1,871,310	1,917,847	102.5	54.7
Rice Transplanter	1,982,560	1,864,640	94.1	50.7
Binder	1,297,910	1,018,642	78.5	28.7
Head-feeding Combine	1,214,900	1,201,553	98.9	33.1
Grain Dryer	1,281,610	1,118,534	87.3	31.8

* selling farms

machinery of large size or with high output performance are required as shown in tractors as an example, reflecting a gradual change of farming scale. Riding type or multi-rows type machines are taking the place of walking type or a few-row type ones in rice transplanters or head-feeding combines.

In view of agricultural machinery production (Table 5), it seems that the spread of agricultural machinery is at saturation. However, there is some indications that larger machines are increasing and crawler tractors are used for accurate soil preparing operations in large scale paddy fields.

Table 5. Agricultural Machinery Production (x 1,000 units)

Items	1990	1991	1992	1993	1994
Power Tiller	269	271	246	226	213
Wheel Tractor	156	148	146	146	156
- 20 PS	71	60	61	59	56
20 - 30 PS	59	59	55	56	61
30 - PS	26	29	29	31	39
Crawler Tractor	19	13	10	9	12
Rice Transplanter	91	87	81	85	86
Sprayer	220	199	181	166	142
Duster	150	163	162	134	123
Hand Mower	1601	1658	1890	1589	1554
Combine Harvester	69	73	66	65	61
Dryer	59	58	52	56	62

As a result of farm mechanization, the hours of labor (man-hours), have been sharply reduced. In rice crop, the average working hour was about 180 hrs./10 a in 1960, but in 1993 it decreased to less than 40 hrs./10 a in 1993. In respect to farm scale, the effect of scale on labor hours is obvious in rice cropping. Rice yields are not influenced by farm scale, 540 - 560 kg of brown rice per 10 ares on the average, and the scale effect clearly appears in the production cost (Table 6).

Table 6. Cost, Yield and Working Hours of Rice Production per 10a by Farm Scale in Japan (1994)

* The unit of cost is thousand Yen

Scale (ha)	Average	-0.3	0.3-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-3.0	3.0-5.0	5.0-
Total	167	228	208	189	173	161	156	148	131
Cost*, (%)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)
Machinery	25	31	28	27	25	26	27	23	21
Cost*, (%)	(15.2)	(13.5)	(13.4)	(14.3)	(14.7)	(16.0)	(17.3)	(15.5)	(15.8)
Labour	55	96	78	70	61	52	46	42	33
Cost*, (%)	(33.1)	(42.0)	(37.3)	(36.9)	(35.6)	(32.3)	(29.6)	(28.5)	(25.2)
Yield (kg)	543	551	538	534	536	536	555	563	548
Working Hours (hrs)	37.6	65.4	53.9	46.8	41.1	34.7	32.1	30.3	22.9

2. The new farm policy

In 1992, the Ministry of Agriculture, Forestry and Fishery announced a new policy entitled "The Prospects of New Food, Agriculture and a Rural Community", in which security of stable food supply to the peoples, activation of rural economy and preservation of the land and the environment over the next century are stressed. Furthermore, the objectives to reduce farm working hours and to make the farmer's life-income equal to worker's in other industries have been set up. The desirable rice crop farms to be established for ten years ahead is given as follows.

2.1 The rice farming project (Table 7)

It is estimated that rice will be produced by individual farms, cooperative farm groups and self-supply farms. Eighty percent of the total rice yield is expected to be produced by individual farms and cooperative farm groups. Two-thirds of individual farms produce not only rice but also vegetables and fruits etc., and the majority of small scale farms will take part in cooperative farm groups, which are to be established in each village or several villages, depending on the natural conditions or management capability of farm operations.

Table 7. Estimated Numbers of Rice Production Farms - ten years ahead -

Individual Farms		
Rice Crop Farms	50,000	with the scale of 10 - 20 ha
Diversified Farms	100,000	with the scale of 5 - 10 ha
Cooperative Farm Groups		
Mainstay Rice Crop Groups	20,000	established in up to several villages
Trustee Groups	1,400,000	small scale less than 1 ha
Self-Supply Farms	600,000 - 1,100,000	

Targets of the total labor hours and production cost per 10 ares are to reduce to less than 25 hours and 50 - 60 % of the current average cost, respectively. Total number of farms is estimated to reduce from 3,830,000 to 2,500,000 - 3,000,000, ten years ahead.

3. The problems and the related research activities of agricultural machinery.

As described above, there are many problems awaiting practical solutions in Japanese agriculture. The main subjects to be solved will be summarized as follows:

1) Measures are needed to attract young people to the farms and to counter the increase of aged farmers.

High technology systems must be developed to make farm work attractive for the young and safe, easy and comfortable machines for the aged.

2) Reduction of production costs

Cost reduction of farm products has to be realized by developing new production systems, by adopting automation and labor saving technologies. Larger-sized machines with high performances will be used because reduction in labor cost is the most effective for decreasing production costs. Special machines must be designed for farm work mechanization in hilly, mountainous areas where effective usage of machines is difficult.

3) Supply of safe and high quality farm products

4) Development of environmental friendly agricultural technologies

4. The current research and development activities

4.1 Activities of urgent development and introduction of agricultural machinery.

The agricultural mechanization law was amended as a part of a new agricultural administration in 1992, and the activities of urgent development and introduction of agricultural machinery were enforced. The main objectives are to attract young farmers, to reduce labor sharply for supporting the land-use type production farming and to make farm work comfortable. The activities have been promoting mainly in Bio-oriented Technology Research Advancement Institution (BRAIN) in cooperation with agricultural machinery companies and universities. A company for promoting the activities smoothly was inaugurated.

The following thirty nine subjects have taken place since 1993. According to the plan, it is requested that every new machine development should be completed within three years as a rule. The classification of the subjects and the explanations on some of them are as follows.

- 1) Vegetables, Up-land Crops Group: 17 subjects
 - a) Grafting Robot: Cucumber, watermelon, melon
Working efficiency; 13 plants/ min.
Rate of success; 95 - 99 %
 - b) Full Automatic Transplanter:
Automatic feeding of vegetable seedlings
Planting speed: 0.35 m/min.
Working efficiency; 10 a/hr (two rows type)
Rate of mis-planting: less than 3 %
 - c) Cabbage Harvester
Pulling out, root cutting and harvest
Working efficiency; 3 a/hr
Speed: up to 0.30 m/s
 - d) Transport Vehicle for Heavy Vegetables:
Forklift type , reach & turn system
Loading capacity; 500 kg
Maximum lift; 1.8 m
Carrying speed; 0 - 7 km/hr (HST)
 - e) Compost Unit for Agricultural By-products:
Residues and trash of vegetables,
Capacity: more than 50 kg/day

Types: Batch, Continuous

Deodorization: Biological method

- 2) Animal Husbandry Group: 8 subjects
 - a) Simple Pasture Renovator:

Simultaneous operations:
Tillage by thin blades and additional planting,
application of fertilizer, covering and pressing of soil.
Working efficiency: 50 a/hr
- 3) Rice Cropping Group: 8 subjects
 - a) Special Vehicle for Rice Crop Management

Mounted Implements and working efficiency:
Transplanter: almost same capacity to common type.
Fertilizer applicator: more than 40 a/hr
Pesticide applicator: more than 40 a/hr
Traveling speed: 0.7 m/s
 - b) High Speed Rotary Implement

Maintaining the same working accuracy in spite of
high speed of 0.7 m/s
Tractor used are equipped with 53 PS engine
- 4) Orchard Group: 4 subjects
 - a) Spraying Robot with Cable Guidance System:

Same performances to common sprayer
43 PS, 4WD-4WS spraying vehicle
Traveling speed: 0.3 - 0.8 m/s
Good performance was achieved in an apple orchard
 - b) Spraying Robot with Pipe Guidance System:

Good results were obtained in an orange orchard
3.5 PS, 3 wheels, HST spraying vehicle
Traveling speed: 0.25 - 0.35 m/s
Working efficiency: two times by manual spraying
method
- 5) Fundamental Technologies Group: 2 subjects
 - a) Image Processing Technology for Crop Recognition

In nursery plant of vegetables:
Judgement of seedling conditions
Detection of mis-planting
 - b) Position Control Technology:

A new remote control system
Combination of DGPS and TV camera images
A good controllability was obtained in a tillage test using
this position control technology.

4.2 Research and extension activities of agricultural machinery

1) Agricultural Research Center

Hydroponic raising of seedling and transplanting technology for mat type rice seedlings has been developed since three years ago in cooperation with the related companies and BRAIN (Fig. 7). Feasibility tests will be conducted in prefectural agricultural stations next year. This reformed labor saving technology is hoped to spread at a stroke in several years ahead.

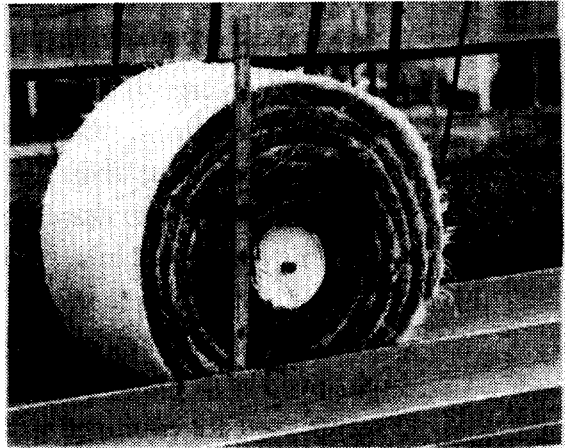


Fig. 7 A Roll of Long Mat Type Rice Seedlings
(Diameter; 40 - 45 cm, weight; 13kg)

The aims or results of this new system are summarized as follows.

1. To reduce labor in nursery by growing seedlings in hydroponics.
2. To make seedling transportation easily
3. To increase working efficiency of transplanters. No resupply of seedling when 6 rows transplanter used in a paddy field of 30 ares.
4. To meet rice crop farming of large scale. Nursery and transplanting of rice for 30 hectares under the conditions of 10 hours work in a day by husband and wife for the period of about one month.
5. To be able to reduce production cost by almost 40%.

2) Hokuriku National Agricultural Experiment Station

New rice direct sowing culture technique of broadcasting sprouted seed onto wet soil coupled with firm passages, "tramlines" prepared for a steady traveling of working vehicles has been developed for large scale paddy fields. This new system aims at a greater reduction of labor not only in busy spring period but also in all operations of rice cropping from soil tillage to harvest.

Direct rice sowing has been decreasing since 1974 with the spread of transplanters. Various methods of direct sowing have been tried, but sharp reductions of labor and production cost are not satisfied up to now.

Tramlines, as they imply, consist a pair of passages having the interval so as to fit the tread of a tractor of other related vehicles. The passages have the configuration of shallow ditch by which swift flooding and drainage in or out of large scale paddy fields can be realized. The tramlines were experimentally constructed at the interval of 10 m. All machine operations including pesticide and fertilizer applications are conducted by using the tramlines (Fig. 8).



Fig. 8 Herbicide Application by Use of "Tramlines".

In this new rice direct sowing culture technique, after ordinary tillage and puddling, water is drained. Then, sprouted seeds are

broadcasted in such a high density as 6 - 10 kg/10 a (in conversion of dry seed) onto soft wet soil, and flooding is not practical for two or three weeks, and germination and growth of seedlings begins in that period. After seedlings grow two or three leaves, the growth control which secures the number of stems is carefully executed by flooding water to deeper depth and applying slow release fertilizers.

The advantages of this technology are expressed as follows.

By eliminating the traditional nursery process,

1. Reduction of facility cost,
2. Reduction of labor cost,
3. Effective for large scale rice farming and
4. Prolongation of harvesting period due to later maturity.

As a result of the experiment in 1994, remarkable reductions of labor hours and production costs were obtained as shown in Table 8, while the yield was a little bit lower than that of traditional cropping method.

Table 8. Results of the New Sowing Culture in 1994.

Items	New Method	Averages in Japan
1. Labor hours	4.8 hrs/10a	37.6 hrs/10a
2. Yield	540 kg/10a	543 kg/10a
3. Production Cost	8,920 Yen/60kg	14,582 Yen/60kg

3) Chugoku National Agricultural Experiment Station

Levee plastering and mowing works require much labor, causing a barrier to magnify farm scale and to reduce production cost.

A new method of covering levees by soil-mortar for weed control has been developed. Soil-mortar is made by mixing soil, cement and coagulant in the mass ratios of 1, 0.14 and 0.003 respectively and by kneading the mixture with water. The preferable thickness of plastering is more than 3 cm. The required labor hour is 40 hours by three workers (Fig. 9).



Fig.9 Construction of levee covered with soil-motar by using of an ordinary levee plastering machine.

4) Chugoku and Shikoku National Agricultural Experiment Stations

It is very important to secure the trafficability for vehicles used in such works as weeding, intercultivation, pesticide application etc. in hilly orchards. A construction method and utility of a simple pavement have been developed. The advantage of this method is that the pavement construction can be achieved by farmers.

Soil setting agent (methyl-cellulose high polymer as a chief ingredient) and cement are scattered by an ordinary broadcaster, and are mixed with soil by a rotary-tiller. The required time for constructing a pavement of one meter width and one hundred meter length is 25 man-hours. The expense of the simple pavement is 60 % for that of a concrete pavement.

A small crawler vehicle for spraying work and a transportation vehicle which were designed to run the new passages in hilly orchards have been developed. As a result of application test, they showed about 30 % reduction of working hours (Fig. 10).

5) Priority studies of agricultural machinery in the academic organizations.

The following studies are desired to be carried on toward the coming century in the academic organizations.

1. Advanced labor saving machine systems
2. Machines or equipment related to biotechnology
3. Methods or machine for the production and conversion of biomass

4. Methods for securing high quality farm products
5. Information systems related to agricultural machinery
6. Environmentally friendly agricultural technology systems

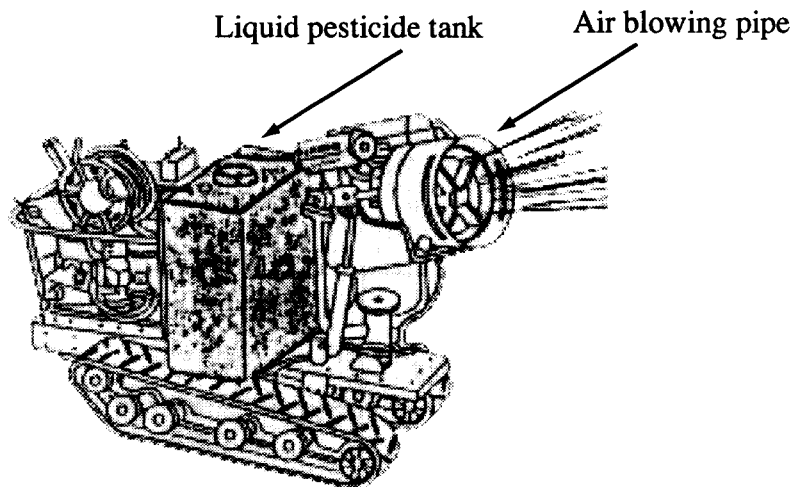


Fig. 10 A small air blowing type pesticide applicator.
(Size: L=2250, W=900, H=1450 mm, Weight: 510 kg,
Reach distance of pesticide: 15m,
Spraying rate: 25 l/min.)

5. Conclusions

Based on the present situations described above, I forecast the future agricultural mechanization and the related studies as follows.

Liberalization of trade on farm products will be promoted more and more. And, the enlargement of farm scale and cooperative works will spread. As a result of it, advanced technological systems securing high performances, safety, comfortability and durability should be developed. Especially, agricultural machinery bringing economical profits will be strong demand.

Introduction of system approach is indispensable for the developments of agricultural machinery systems. Because, it is important not only to meet demands for high performance of each machine but also to contribute to the improvement of total efficiency on the whole production system. For example, it is often said that the mechanization of rice cropping has already been

completed. However, there still remains some farm works being done by hand labor and inconvenient conditions lowering the efficiencies of machinery. As is symbolized in the example of levee management works, such problems described above often cause a production bottleneck especially when farm scale is enlarged.

An advanced machine does not always mean a large size but an efficient and clever one to suit to the size of Japanese farms. In the development of machinery, it is necessary to consider them in relation to plants or animals and their environments. Therefore, the studies concerning the impacts and responses on artificial or mechanical workings to a living thing and its environment become important.

Another point of view tells us the importance of environmental preservation. Basic principle of human activities in the next century will, I believe, be placed on "sustainability". Sustainable production can be achieved by balancing the use of the environment, natural resources, energy and economy; not excepting agricultural production.

With projected increases in human population and lagging food production, the dreadful threat of famine may come sooner than expected. And if world food supply becomes short, it must not be permitted from a humanitarian standpoint. Agricultural production should not be stopped or reduced in those countries capable of agricultural production simply because of economical reasons.

Therefore, the development of optimum agricultural machinery systems is indispensable in overcoming severe food security situations, particularly in Asian countries. To realize it, we agricultural engineers have to promote the application of fundamental and applied sciences to development of agricultural machinery.

일본 농업기계화의 현황 및 전망

미노루 야마자키
일본농업기계학회장
교수, 일본 교토대학교

1. 일본농업의 현황

1960년 이래 일본의 빠른 경제 발전은 농업기계화를 촉진시키는 결과를 가져와서 승용 트랙터와 작업기, 이앙기, 비료 및 농약 살포기, 콤바인 등이 급속도로 발전되었다. 따라서 현재는 수도작은 기계화가 완성단계에 접어들었다고 말할 수 있다. 그러나, 1993년 UR의 타결은 국내 쌀 소비량의 4~8%를 외국으로부터 수입해야 하는 결과를 낳게 되었고, 일본의 농업은 전문 농업종사자의 부족 및 높은 생산비로 인하여 국제적으로 새로운 문제에 봉착하게 되었다. 이러한 문제들을 해결하기 위해서는 혁신적인 기술이 강력히 요구되어지기 때문에 농업기계분야의 연구와 발전은 새로운 국면을 맞이하고 있다.

1.1 경작지

표 1은 일본, 미국, 영국과 프랑스의 경작지에 대한 통계를 보여주고 있다. 여기서 주목할 점은 농가 호당 경지면적으로 일본을 비롯한 아시아의 국가들은 매우 작은 규모의 농가로 구성되어 있다. 일본에 있어서 전체 면적에 대한 산림의 비율은 높은 편인데 이는 세계 평균 수준이다(그림 1). 그림 1은 농업기계화의 발전 정도뿐만 아니라 총 생산체제도 반영하고 있으므로 이를 근거로 보면 전 세계 농가의 3/4이 작은 규모임을 알 수 있다. 따라서, 이러한 농가를 어떻게 효율적으로 기계화하느냐가 앞으로의 중점과제이다.

일본의 경작지는 1960년에 6,000,000 ha였으나, 경제성장과 더불어 주거용, 산업용 및 도로시설등에 많은 농경지가 사용되어 1995년에는 5,040,000 ha로 줄어들었다. 이 중 54.5%가 수도작, 24.3%가 전작, 8.1%가 과수, 13.1%가 목초 지역으로 사용되고 있으며, 농가 호당 경지면적은 평균 1.47 ha이다.

일본의 수도작용 경지는 지속적인 쌀의 과잉생산으로 인하여 정부의 주도하에 매년 감소하고 있다. 다른 용도로 수도작용 농지의 전환은 1978년부터 시작됐으며, 전환면적은 육칠 십만 ha정도이다. 또한 후미진 곳에 있는 휴경지도 경작지를 실질적으로 더 줄이는 요소가 되고 있다.

표 1. 경작지 통계 비교¹⁾

	일본	미국	영국	프랑스
경작지(1,000ha)	5,080	394,580	17,140	30,530
호당 경지면적(ha)	1.5	191	70	35
자본대비 경지면적(a)	4	1,675	31	53
경작지 가격(1,000엔/10a)	1,690	16	64	40

일본의 영농규모를 보면 호당 3 ha가 넘는 농가가 점차적으로 증가하는 추세이며, 0.5 ~ 1.5 ha의 소규모 농가는 반대로 감소하고 있다(그림 2). 영농규모의 확장은 주로 임대 에 의하여 이루어지고 있으며, 5ha가 넘는 농가나 수도작 영농조합에 의하여 관리되고 있는 면적도 증가하고 있다.

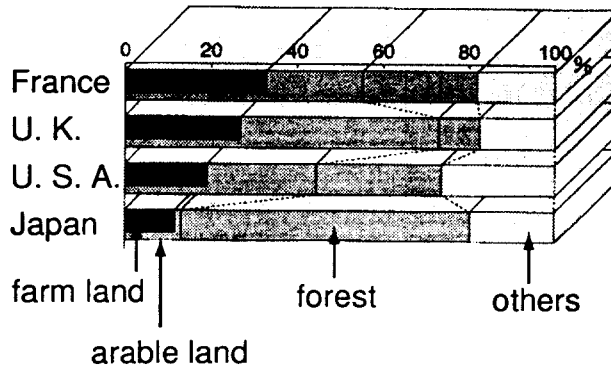


그림 1 토지이용 분포.

표 2. 일본의 경지 분포 현황

일본의 총 경지 면적

1960: 6백만 ha

1995: 5백만 ha

논 2.75 million ha

밭 1.23 million ha

과수원 0.41 million ha

목장 0.66 million ha

농가 호당 경지면적은 1.47 ha임.

1) An agricultural white paper. Agriculture and Forestry Statistics Association, 1996

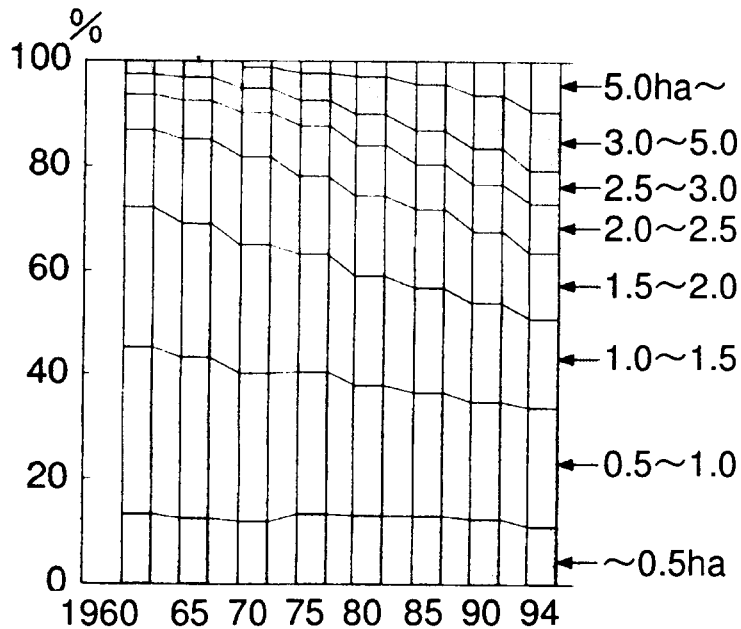


그림 2 영농규모별 분포현황.

1.2 농가

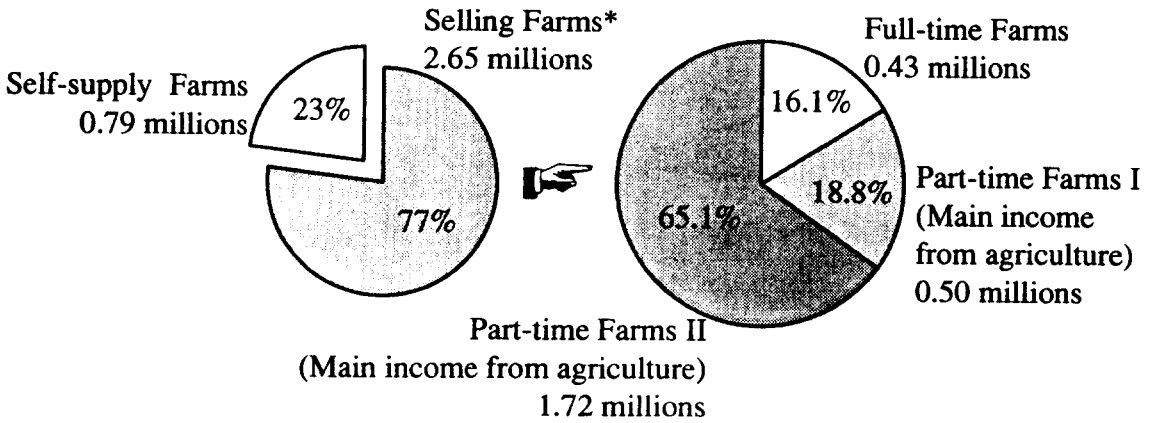
1960년에 6,000천호에 달했던 농가가 1995년에는 3,440천호로 줄어들었다. 그림 3에서 보면 경지면적이 30 a 이상이고 500,000엔 이상의 농업소득을 갖는 농가가 전체의 77%에 달하고 있으며, 이 중 16%가 전업농가이다. 재배의 형태로 보면 단일 작물을 재배하는 농가가 전체의 79%, 두세 개 작물의 경우가 16%, 그리고 나머지 5%는 다양한 작물을 재배하는 농가이다. 단일 작물로서는 벼가 66%에 달하고, 과수가 9.4%, 야채 7%의 순이다.

농가인구의 연령분포는 그림 4에 보여지고 있다. 주목할 만한 것은 농촌에 거주하거나 주로 농업에 종사하는 인구의 분포가 남녀 구분없이 모두 육칠 십대에서 최대를 나타내고 있는 점이다. 다음의 최대 피크는 40대에서 나타나는데 이는 2세대의 농부이다. 고령의 농가 인구는 수년 후에는 사라질 것으로 보인다. 1996년의 인구 센서스에 의하면, 전업농가의 인구가 2,634천명에 달했고, 이 중 33.6%가 60세 이상의 노인들이었다. 그리고 일년에 2천명 정도의 젊은 층이 농업을 시작하고 있는 추세이다. 또한 농업에 익숙한 전업농가 인구의 감소가 일본에 있어서 농업기계화의 특성에 영향을 미치는 요소중의 하나이다.

Total number of farms

1960. 6 millions

1995. 3.44 millions (43% reduction)



* Farms having more than 30a of land or selling farm products more than 500,000 Yen per year.

그림 3 일본의 농가.

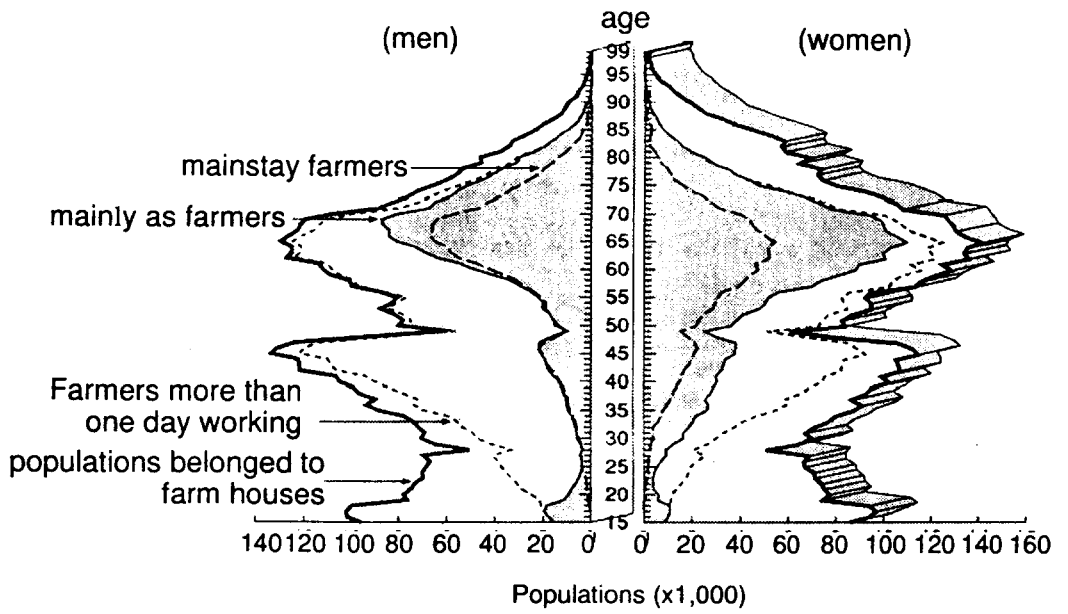


그림 4 농가인구의 연령 및 성분포.

1.3 식량 공급

그림 5를 보면 일본인의 식생활도 바뀌어 가고 있음을 알 수 있다. 육류 및 유제품의 소비가 지속적으로 증가해 가고 있는 반면, 쌀의 소비량은 감소해 가고 있는 추세이다. 다양한 패턴의 식생활은 주로 해외로부터 원료의 수입에 의하여 이루어진다. 표 3의 식량자급율의 표에서 보면 유제품, 육류 및 기름 등의 생산에 필요한 조사료와 콩의 많은 부분이 주로 수입에 의존하고 있는 실정으로 칼로리를 기초로 하여 계산한 식량자급율은 50%이하임을 나타내고 있다.

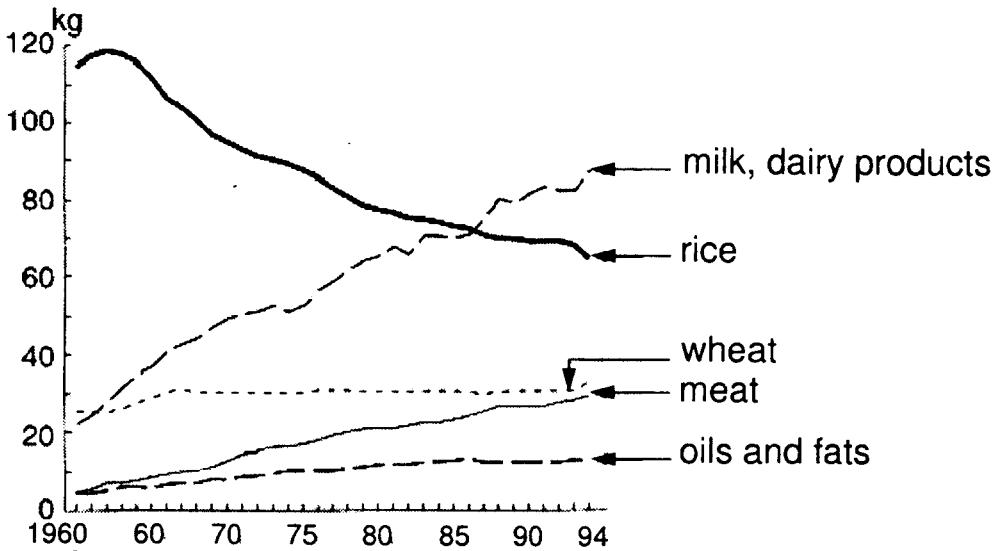


그림 5 일본의 식량 경향.

따라서 일본 총경지면적의 두배가 넘는 1,200천 ha의 해외 경지면적에서 생산된 농산물을 수입하고 있는 것으로 추정되고 있으며, 일본 정부는 국내 생산과 더불어 안정된 식량 수입과 긴급사태를 위한 비축을 위하여 정책을 구상하고 있다. 또한 UR의 상호협정 결과로서 식량에 대한 새로운 국면을 맞이하고 있다. 쌀에 대한 공급원이 넓어짐으로 인하여 심각한 경쟁을 초래하였으며, 이는 생산비절감이 앞으로 농작업체계에서는 가장 중요한 목표라는 점을 실감나게 하고 있다.

표 3. 일본의 식량 자급율¹⁾

식량·년도	1980(%)	1985(%)	1990(%)	1994(%)
쌀	100	107	100	120
밀	10	14	15	9
콩	7	8	8	5
채소	97	95	91	86
과일	81	77	63	47
육류	81	81	70	60
계란	98	98	98	96
우유 및 유제품	82	85	78	73
어류 제품	104	96	86	73
설탕	27	33	33	29
총 자급율	69	69	67	74
총 칼로리 자급율	53	52	47	46
총 곡물 자급율	33	31	30	33

1.4 주요 농작업기의 보급

그림 6에 보이는 바와 같이 농업기술은 1960년 이래 집중적으로 발전되어 왔다. 1960~1990년의 30년동안 농업기계의 도입과 살충제의 사용은 7배나 증가하였으며, 사용된 비료와 에너지는 1.5배가 증가하였다. 반면에 노동력의 투입은 주로 농업기계의 사용에 의하여 절반으로 줄어들었으며 거름의 사용도 현저하게 줄었음을 알 수 있다.

주요 농작업기의 보유대수에 있어서는 다소 증감이 있어 왔다. 표 4에 나타난 1995년의 통계에 의하면, 동력경운기, 이앙기, 바인더 및 건조기의 보유대수는 감소한 반면 승용트랙터의 보유대수는 최근 5년간 증가하고 있음을 보여주고 있다. 또다른 경향으로서 트랙터를 예로 들면 고출력 및 고성능을 가진 대형의 트랙터가 요구되고 있음을 알 수 있는데, 이는 영농규모가 점차적으로 커지고 있음을 나타내고 있다.

표 5의 농작업기 생산을 살펴보면 농작업기의 보급은 포화상태에 있다고 할 수 있다. 그러나 대형 기계나 대규모의 수도작의 경우와 같이 정밀한 경지정리에 사용되는 장래형 트랙터가 증가하고 있는 것으로 보인다.

농업기계화의 경과로서 노동시간은 크게 줄어들었다. 수도작의 경우 평균노동시간은 1960년에 10a당 180시간에서 1993년에는 40시간으로 감소하였다. 노동시간에 대한 영농규모의 효과는 분명한 사실이나, 수확량은 영농규모에 의하여 영향을 받지 않아 10a당 평균적으로 540~560kg이다. 영농규모의 효과는 표 6에서 보는 바와 같이 생산비의 절감으로 분명하게 나타나고 있다.

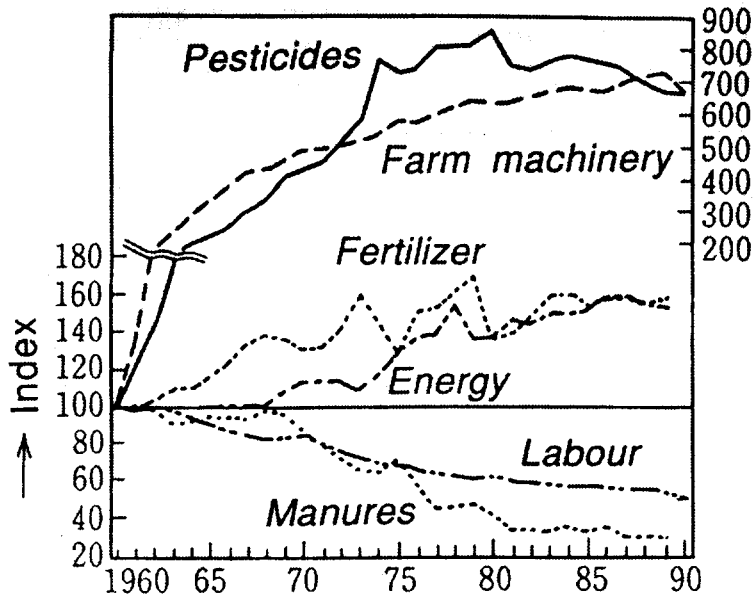


그림 6 일본의 주요농업기술의 집중경향.

표 4. 농기계 이용 현황

기종	1990	1995	95/90(%)	(공동소유 포함)
				농가 100호당 대수*
동력경운기	2,185,400	1,714,006	78.4	48.8
트랙터	2,142,250	2,309,211	107.8	63.8
15마력(PS) 이하	643,010	613,956	95.5	—
15~30마력(PS)	1,262,660	1,383,861	109.6	—
30마력(PS) 이상	236,580	311,394	131.6	—
방제기	1,871,310	1,917,847	102.5	54.7
이앙기	1,982,560	1,864,640	94.1	50.7
바인더	1,297,910	1,018,642	78.5	28.7
콤바인	1,214,900	1,201,553	98.9	33.1
곡물건조기	1,281,610	1,118,534	87.3	31.8

* 판매농가

표 5. 농기계 생산현황(단위 1,000대)

기종	1990	1991	1992	1993	1994
동력경운기	269	271	246	226	213
트랙터(Wheel 형태)	156	148	146	146	156
20 마력(PS) 이하	71	60	61	59	56
20 ~ 30마력(PS)	59	59	55	56	61
30마력(PS) 이상	26	29	29	31	39
트랙터(무한궤도 형태)	19	13	10	9	12
이앙기	91	87	81	85	86
분무기	220	199	181	166	142
살분무기	150	163	162	134	123
예취기	1601	1658	1890	1589	1554
콤바인	69	73	66	65	61
건조기	59	58	52	56	62

표 6. 일본의 영농규모 10a당 비용, 생산량 및 작업시간(1994)

단위(ha)	평균	* 비용의 단위는 1,000 엔임.							
		-0.3	0.3-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-3.0	3.0-5.0	5.0-
총계	167	228	208	189	173	161	156	148	131
비용*,(%)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)
기계비용*,(%)	25	31	28	27	25	26	27	23	21
	(15.2)	(13.5)	(13.4)	(14.3)	(14.7)	(16.0)	(17.3)	(15.5)	(15.8)
노임*, (%)	55	96	78	70	61	52	46	42	33
	(33.1)	(42.0)	(37.3)	(36.9)	(35.6)	(32.3)	(29.6)	(28.5)	(25.2)
생산량(kg)	543	551	538	534	536	536	555	563	548
작업시간 (hrs)	37.6	65.4	53.9	46.8	41.1	34.7	32.1	30.3	22.9

2. 신 농업정책

1992년에 농림성은 “새로운 식량, 농업과 농촌에의 전망”이라는 표제의 신 정책을 발표하였다. 이는 안정된 식량 공급의 확보, 농촌경제의 활성화, 21세기를 위한 경지와 환경의 보존 등에 중점을 두고 있다. 또한 노동시간을 줄이고 농촌의 삶과 소득을 다른 산업의 근로자와 같은 수준으로 향상시키려는 목표를 가지고 있다. 10년후 예상되는 바람직한 쌀 생산 농가호수가 표 7에 제시되고 있다.

표 7. 십년후 예상되는 미작농가 호수

개별농가	
전업농	10~20 ha 규모로 50,000호
겸업농	5~10 ha 규모 100,000호
협업농가그룹	
생업농그룹	여러부락에서 20,000호 조성
위탁농그룹	1 ha보다 작은규모로 1,400,000호 조성
자급농	600,000~1,100,000호

2.1 미작 계획

앞으로 쌀은 개인농가, 협업농가그룹과 독립농장에서의 생산이 기대되고 있다. 총 쌀 생산의 80%가 개인농가와 협업농가그룹에 의하여 이루어질 것으로 기대된다. 또한 개인농가의 2/3는 벼 이외에도 채소 및 과수 등을 재배하며, 대다수 소규모 농가들은 자연상태나 농작업의 관리 능력에 따라 각 부락 또는 여러 부락 단위로 설립되어지는 협업농가 그룹에 참여할 것이다.

10a당 총노동시간은 25시간 이하로 줄어들 것이고, 생산비는 현재 평균 비용의 50~60%선에 머물도록 목표를 정하였다. 10년후의 총농가호수는 현재의 3,830,000호에서 2,500,000~3,000,000호 정도로 줄어들 것으로 보인다.

3. 농작업기의 문제점과 연구활동

위에서 언급한 바와 같이 일본 농업은 실질적인 해결책을 기다리는 많은 문제점을 안고 있다. 해결되어야 하는 과제들은 다음과 같다.

1) 젊은 층을 농업으로 돌아오게 하고 고령의 농업인구를 줄이기 위한 대책이 필요하다.

젊은 층에게 매력적인 농업이라는 인식을 주기 위하여 첨단 농업기술을 발전시키고 노년층을 위하여 안전하고, 사용이 편리하고 안락한 기계들을 개발해야 한다.

2) 생산비의 절감

새로운 생산체계의 구축과 함께 자동화되고 생력화된 기술을 사용하여 생산비 절감을 현실화시켜야 한다. 노동비용의 감소가 생산비 절감에 가장 효과적이므로 고성능의 대형기계가 사용되어야 한다. 또한 기계의 효율적인 사용이 어려운 언덕이나 구릉지역에서 사용할 수 있는 특수한 기계들도 고안되어야 한다.

3) 안전하고 고품질의 농산물 공급

4) 환경친화적인 농업기술의 개발

4. 현재의 연구개발활동

4.1 현 농작업기의 개발 현황

1992년에 신 농업정책의 일부로서 농업기계화 법령이 개정되었고, 농기계의 도입과 개발에 관한 활동이 강화되었다. 젊은 층을 농촌으로 불러들이고 노동시간의 획기적인 단축 및 쾌적한 농작업이 정책의 주목적으로 되어 있다. 이를 위한 활동은 농업기계관련 학교 및 회사들과 협력하여 생물계특정산업 기술연구진행기구(BRAIN)에서 주로 전담하도록 되어 있다.

1993년이래 다음의 39과제가 진행되고 있다. 계획에 의하면 모든 새로운 농업기계의 개발은 규칙으로서 3년내에 완성되어야 한다. 이러한 과제들을 분류하면 다음과 같다.

- 1) 채소 및 산지 작물 그룹: 17 과제
 - a) 접목로봇: 오이, 수박, 참외
작업능률: 13 개/분
접목성공률: 95~99%
 - b) 전자동 채소이식기
이식용 채소묘의 자동공급
이식속도: 0.35 m/분
작업능률: 10 a/시간(2조식)
미이식율: 3%이하
 - c) 양배추 수확기
인발식 뿌리절단 수확
작업능률: 3 a/시간
작업속도: 0.3 m/초
 - d) 채소운반차
포크상승, 도달 및 회전 시스템
적재능력: 500 kg
최대상승: 1.8 m
운반속도: 0~7 km/시간
 - e) 농업부산물의 퇴비화장치
채소의 잔유물과 쓰레기 처리
용량: 50 kg이상/일
형태: 배치 및 연속
방취법: 생물학적 방법

- 2) 축산 그룹: 8 과제

- a) 혁신적인 목초 파종
 - 얇은 판에 의한 경운, 파종, 비료살포, 복토 및 진압을 동시에 수행함.
 - 작업효율: 50 a/시간

- 3) 벼재배 그룹: 8 과제
 - a) 벼재배 관리용 특수차량
 - 장착식 작업기
 - 이앙기: 범용형과 거의 같은 능력
 - 시비기: 40 a이상/시간
 - 방제기: 40 a이상/시간
 - 작업속도: 0.7 m/초
 - b) 고속 로터리 작업기
 - 0.7 m/초의 고속작업으로 기존의 작업정도 유지
 - 53 PS의 트랙터 사용

- 4) 과수 그룹: 4 과제
 - a) 케이블 유도시스템의 방제로봇
 - 기존의 방제기와 같은 성능
 - 43 PS, 4WD-4WS 방제차량
 - 작업속도: 0.3~0.35 m/초
 - b) 파이프 유도시스템의 방제로봇
 - 오렌지 과수원에서 좋은 결과를 얻음
 - 3.5 PS, 3 바퀴, HST 방제차량
 - 작업속도: 0.25~0.35 m/초
 - 작업효율: 수작업의 두배

- 5) 기초기술 그룹: 2 과제
 - a) 작물인식용 영상처리기술
 - 채소의 생육 감시
 - 파종상태의 판단
 - 미파종의 감지
 - b) 위치제어기술
 - 새로운 원격제어 방식
 - DGPS와 TV 카메라 영상을 복합적으로 사용
 - 이 위치제어 기술로 경운작업 시험에서 좋은 결과를 얻음

4.2 농기계분야의 연구활동

1) 농업연구센터

벼모의 수경재배와 매트모의 이식기술이 유관기관과 생물계특정산업 기술연구진흥기구(BRAIN)의 협동연구로 3년전부터 개발되고 있고, 내년에 그 가능성을 각 현에 있는 농업시험장에서 시험할 예정이다. 이러한 생력화 기술들은 몇 년후에는 상당히 유행될 것이라

고 기대된다.

이러한 새로운 체계의 목표나 결과는 다음과 같이 요약될 수 있다.

1. 수경재배에 의하여 이식용 모를 키움으로써 관리에 필요한 노동력을 감소시킨다.
2. 이식용 모의 수송을 쉽게 한다.
3. 이앙기의 작업효율을 증가시킨다. 논에서 6조형 이식기가 사용되면 30a의 면적을 모의 재공급없이 작업한다.
4. 대단위 벼재배에 적당할 것. 약 1개월 동안 부부가 하루 10시간을 일한다고 할 때 30 ha의 논에서 관리와 이식작업을 할 수 있어야 한다.
5. 생산비를 약 40%정도 절감시킬 수 있을 것.

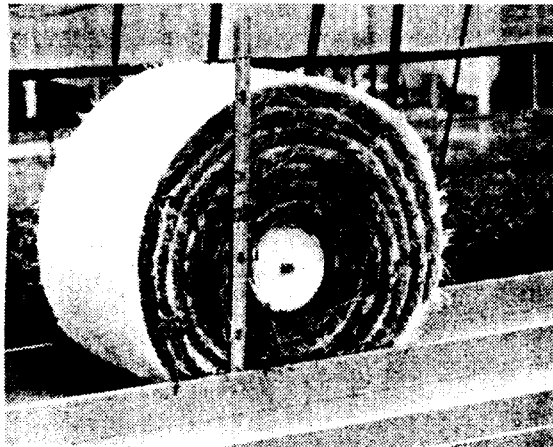


그림 7 벼 파종용 롤형태의 매트모(지름;40-45cm, 무게;13kg)

2) 北陸 국립 농업시험장

대단위의 논에서 궤도(tramlines)를 따라 움직이며 젖은 토양에 싹이 난 벼를 직접 산포하는 새로운 직파재배법이 개발되고 있다. 이 새로운 시스템은 바쁜 봄철의 노동력뿐만 아니라 경운에서 수확까지의 모든 작업에서의 노동력을 감소시키는 것을 목적으로 하고 있다.

직파재배법은 1974년 이앙기의 보급과 더불어 감소하여 왔고, 현재도 다양한 직파재배법이 시험되어 있으나, 노동력과 생산비의 절감은 아직까지 만족할만한 단계까지 도달하지 못하고 있다.

궤도는 트랙터나 다른 작업기가 작업할 수 있도록 운거만큼 일정한 간격을 가진 한 쌍의 통로를 말한다. 이 통로는 대단위의 논에서 물대기 및 물빠기가 신속히 이루어질 수 있도록 얇은 도랑의 형상을 하고 있다. 궤도사이의 간격은 실험적으로 10 m로 하였다. 시비 및 방제작업을 포함한 모든 농기계 작업은 이 궤도를 통하여 행하여지고 있다(그림 8).

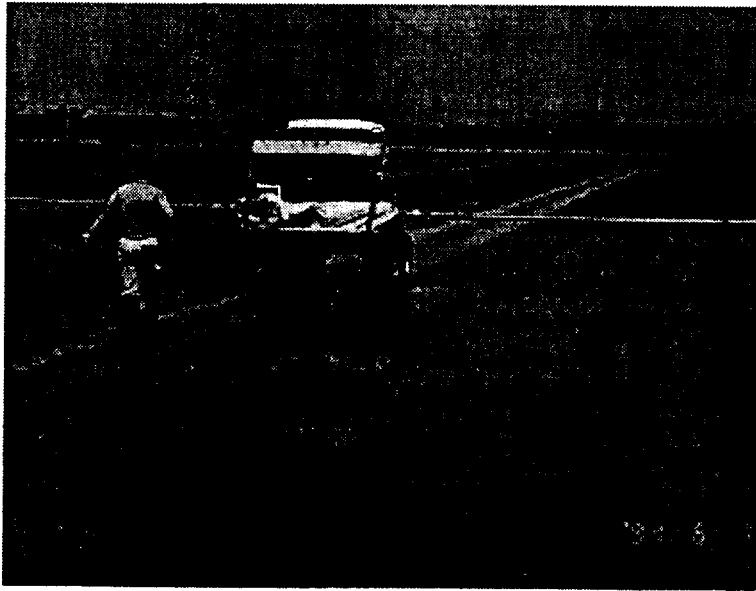


그림 8 궤도를 이용한 제초제 살포작업.

이 새로운 직파재배법에서는 보통의 경운과 씨레작업후에 물을 뺀다. 그 후 싹이 난 벼를 그 위에 6~10 kg/10a의 고밀도로 뿌린다. 물을 대지 않은 상태에서 2~3주 후에는 발아되어 2~3 개의 잎을 가진 모가 된다. 이때부터 줄기의 수를 확보할 수 있도록 생육상태에 따라 점점 더 깊이 물을 대고 지속적인 비료를 준다. 관행적인 육묘과정을 생략하기 때문에 다음과 같은 장점이 있다.

- ① 설비 비용의 감소
- ② 노동비용의 감소
- ③ 대단위 벼재배에 효과적임
- ④ 성숙의 지연으로 수확기의 연장

1994년의 실험 결과를 보면 표 8에서 보는 바와 같이 상당한 수준의 노동시간과 생산비의 절감을 얻을 수 있었다. 반면에 수확량은 관행 재배법보다 다소 낮았다.

표 8. 1994년도 새로운 직파법에 의한 결과

구분	새로운 직파법	일본 평균
1. 노동시간	4.8 hrs/10a	37.6 hrs/10a
2. 생산량	540 kg/10a	543 kg/10a
3. 생산비용	8,920 Yen/60kg	14,582 Yen/60kg

3) 中國 국립 농업시험장

두둑의 성형 및 제초작업은 많은 노동력을 필요로 하여 영농규모의 확대 및 생산비의 절감에 장애요소가 되고 있다. 잡초방지를 위하여 토양과 모르타르의 혼합물로 두둑을 덮는 새로운 방법이 개발되고 있다. 이 혼합물은 토양, 시멘트와 응고제의 비율을 각각 1, 0.14와 0.003의 비율로 물에 반죽하여 만든다. 적절한 두께는 3 cm 이상이며, 요구되는 노동력은 3인에 의하여 40시간이다(그림 9).

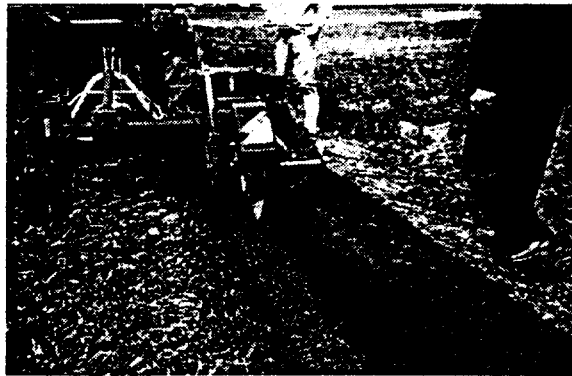


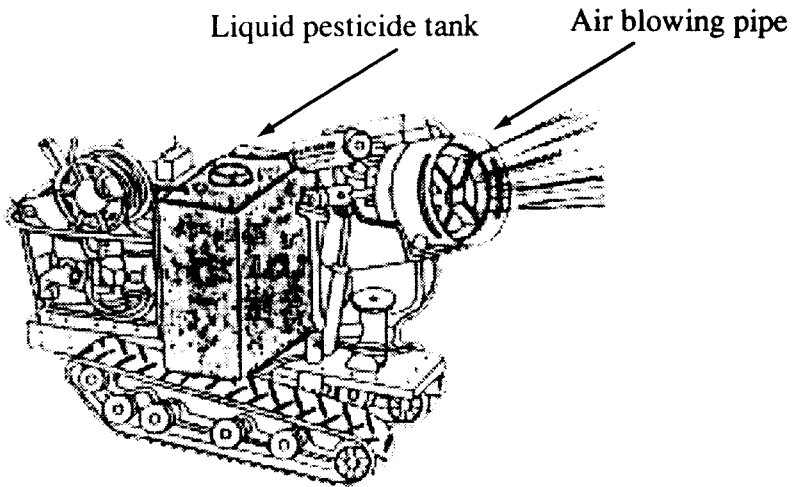
그림 9 토양과 모르타르의 혼합물을 이용한 두둑 성형.

4) 中國 및 四國 國립 농업시험장

경사지의 과수원에서는 제초, 중경 및 방제작업등을 위한 차량의 통로의 확보가 매우 중요한데, 이를 위한 단순 포장법과 그 활용법이 이 곳에서 개발되고 있다. 이 방법의 장점으로서는 농부가 직접 포장할 수 있다는 점이다.

토양강화제(methyl-cellulose high polymer가 주성분)와 시멘트를 보통의 살포기를 통해 뿌려놓고 로타리작업을 통하여 섞는다. 1 m넓이로 100 m의 포장을 하는데 걸리는 시간은 25시간(man-hour)정도이다. 이 공법의 가격은 콘크리트 포장의 60%정도이다.

경사지 과수원에서 살포 및 수송작업을 위한 작은 장래형 차량을 개발하여 이 포장을 따라 테스트한 결과 이 포장을 이용하면 약 30%정도 노동시간을 절감할 수 있는 것으로 판명되었다(그림 10).



(Size: L=2250, W=900, H=1450 mm, Weight: 510 kg,
Reach distance of pesticide: 15m,
Spraying rate: 25 l/min.)

그림 10 송풍식 소형 방제차량.

5) 교육기관에서의 농업기계 중점연구

교육기관에서는 다가오는 21세기를 위하여 다음과 같은 연구가 수행되면 바람직하다.

1. 초생력화 기계 시스템
2. 바이오테크에 관련된 기계 및 장비
3. 바이오매스의 생산 및 변환을 위한 방법과 기계
4. 고품질 농산물의 확보법
5. 농업기계와 관련한 정보시스템
6. 환경친화적인 농업기술 시스템

5. 결론

위에서 서술한 현황을 근거로 말하면 미래의 농업기계화 및 관련 연구들은 다음과 같이 예견된다.

농산물의 판매 자유화가 점점 더 촉진될 것이고, 영농규모의 확대와 협업이 확대될 것이다. 그 결과로서 고성능, 안전성, 안락성 및 내구성을 갖춘 첨단 시스템이 개발되어야 하고, 경제적으로 이익을 줄 수 있는 농업기계가 더욱 강하게 요구될 것이다.

시스템화의 접근은 농업기계체계의 발전에 필수적이다. 그 이유로서 각 단위기계의 고성능에 대한 요구를 충족시켜 주어야 할뿐만 아니라 총생산시스템에서 총체적인 효율의 향상에 기여해야 하기 때문이다. 예를 들어, 현재 벼재배의 기계화는 이미 완성되었다고 흔히 말하나, 아직도 수작업과 불편한 상태의 작업이 존재하고 있어 기계효율을 저하시키는 요소가 되고 있다. 두둑관리작업의 예에서 보여지듯이 위의 문제들은 특히 영농규모가 확대될 때 종종 생산 bottleneck의 원인이 된다.

첨단 농기계는 항상 대형의 기계를 의미하는 것이 아니라 일본의 농가규모에 적합한 효율적이고 편리한 기계이어야 한다. 또한 기계를 개발할 때는 동식물과 그들의 환경을 고려하는 것이 필요하다. 따라서 동식물과 그들의 환경에 인공적이거나 기계적인 작업이 가져오는 충격과 반응에 대한 연구가 필요하다.

다른 각도에서는 환경보존의 필요성을 말할 수 있다. 21세기에서 인간활동의 기본원리는 지속성(sustainability)에 중점을 두고 있다고 믿는다. 이 지속적인 생산은 환경, 천연자원, 에너지 및 경제의 균형적인 사용에 의하여 얻어질 수 있다. 여기서 농산물의 생산도 예외일 수는 없다.

예정된 인구증가와 식량의 부족으로 인하여 무서운 기근의 공포가 예정보다 일찍 다가올 수 있다. 식량이 세계적으로 부족하게 되면 인도주의 관점이란 사라지게 된다. 따라서 농산물의 생산이 가능한 국가에서는 단순히 경제적인 이유로 농산물의 생산이 중단되거나 줄어들어서는 안된다.

그러므로 적정 농업기계 시스템의 개발은 심각하게 식량을 확보해야 할 때를 대비하여 특히 아시아 국가에서는 필수적이라고 할 수 있다. 이러한 사태를 직시하여 우리 농업기계인은 기초 및 응용 과학을 농업기계의 개발에 적극적으로 활용해야 할 것이다.