

JAERI-Conf

94-005



**PROCEEDING OF THE SECOND STEERING CONFERENCE
RELATING TO THE "AGREEMENT ON THE IMPLEMENTATION
OF RESEARCH AT THE CHERNOBYL CENTER FOR
INTERNATIONAL RESEARCH" BETWEEN CHECIR AND JAERI**

November 1994

**Toshi NAGAOKA, Orihiko TOGAWA, Shigeru MORIUCHI
S.I. RYBALKO*, A.K. SUKHORUCHKIN* and S.V. KAZAKOV***

**日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute**

本レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。

入手の問合わせは、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11 茨城県那珂郡東海村）あて、お申し越してください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-11 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

This report is issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Information Division, Department of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokaimura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-11, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1994

編集兼発行 日本原子力研究所
印刷 いばらき印刷株式会社

Proceeding of the Second Steering Conference
relating to the "Agreement on the Implementation of Research
at the Chernobyl Center for International Research" between CHECIR and JAERI

Toshi NAGAOKA, Orihiko TOGAWA, Shigeru MORIUCHI
S. I. RYBALKO* , A. K. SUKHORUCHKIN* and S. V. KAZAKOV*

Department of Environmental Safety Research
Tokai Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received October 24, 1994)

On June, 1992, JAERI and CHECIR concluded an agreement on the Implementation of Research at the Chernobyl Center for International Research (CHECIR). Based on the agreement, JAERI started "Study on Assessment and Analysis of Environmental Radiological Consequences and Verification of an Assessment System".

CHECIR and JAERI make it a rule to hold steering conference twice a year in order to ensure mutual understanding and exchange of opinion because it is indispensable for smooth and effective implementation of this project. The first steering conference in Japan was held in February of 1994, and three research leaders of CHECIR side were invited from Ukraine. At that time, they gave lectures concerning the environmental problems in Chernobyl area, once at Tokai Establishment and once at the Tokyo Headquarter of JAERI. Progress reports on subject-1 and subject-2 were given from JAERI side at the steering conference.

Keywords: Chernobyl, Cooperative Research, Steering Conference, Environmental Radiological Consequences

This conference was held based on "the agreement on the Implementation of Research at the Chernobyl Center for International Research (CHECIR)" between CHECIR and JAERI.

* Chernobyl Center for International Research, Research and Industrial Association "Pripyat")

チェルノブイル国際研究センター（CHECIR）－日本原子力研究所の
「チェルノブイル国際研究センターにおける国際研究の実施に関する協定」
に係る第2回運営会議講演記録

日本原子力研究所東海研究所環境安全研究部

長岡 鋭・外川 織彦・森内 茂・S. I. RYBALKO*

A. K. SUKHORUCHKIN* and S. V. KAZAKOV*

(1994年10月24日受理)

環境安全研究部では、1992年6月に原研－チェルノブイル国際研究センター（CHECIR）間研究協力協定を締結して以後、「環境放射線影響に関する評価、解析及び評価システムの検証に関する研究」を進めている。双方の意見交換と意志疎通を図り本研究を円滑、効率的に進めるため、1年に2回の運営会議を開催している。1994年2月には初めて日本で運営会議を開催し、CHECIRから3人の研究責任者を招き、講演会を行った。又、運営会議席上で平成5年度の研究の進捗状況が原研側から報告された。本報告書はこれらをまとめたものである。

本報告書は、チェルノブイル国際研究センターとの協力研究の成果である。

東海研究所：〒319-11 茨城県那珂郡東海村白方字白根2-4

* チェルノブイル国際研究センター

Contents

1. Radiation Monitoring as the Complex of Physical-chemical and Radio-ecological Researches	1
S. I. Rybalko, CHECIR	
2. Radiation State of Environment in the 30-km Zone of Chernobyl NPP. Water Objects	10
A. K. Sukhoruchkin, CHECIR	
3. Carrying Out and Planning Measures for Improvement of Radiation Situation in Alienation Zone after Accident at Chernobyl NPP	27
S. V. Kazakov, CHECIR	
4. Progress of Work in the FY1993 on the Subject-1	41
T. Nagaoka, JAERI	
5. Progress of Work in the FY1993 on the Subject-2	54
O. Togawa, JAERI	
Appendix 1 Record of the Lectures in Tokai Establishment (in Japanese)	69
Appendix 2 Record of the Lectures in Tokyo Headquarters (in Japanese)	91

目 次

1. 物理、化学及び放射生態学研究の複合体としての放射線モニタリング	1
S. I. Rybalko, CHECIR	
2. チェルノブイル原子力発電所から30km圏内の環境における放射線の状況、水系	10
A. K. Sukhoruchkin, CHECIR	
3. チェルノブイル原子力発電所事故後の立ち入り制限区域内における 放射線状況改善対策の実施及び計画	27
S. V. Kazakov, CHECIR	
4. 平成5年度（1993年）におけるテーマ1の進捗状況	41
長岡 鋭、原研	
5. 平成5年度（1993年）におけるテーマ2の進捗状況	54
外川 織彦、原研	
付録1 東海研究所における講演議事記録（和文）	69
付録2 東京本部における講演議事記録（和文）	91

1. Radiation Monitoring as the Complex of Physical-chemical
and Radio-ecological Researches

S. I. Rybalko (Chernobyl Center for International Researches)

As a result of the Chernobyl accident, the unique radiation-ecological testing area with the complicated pollution nature with respect to the physical-chemical forms of radionuclides and their spatial distribution has appeared. Radionuclides distribution depended on the conditions of accident different stages progress, on the meteorological situation, on the primary measures aimed at the accident liquidation, on the region landscape features and on several other factors.

Radionuclides discharge outside of the CNPS damaged block can be presented as a process having several stages. On the first stage, the reactor breakage and the explosion-like discharge of the dispersed fuel and gas-aerosol cloud have taken place, the cloud said containing fission products. This caused the western trace of radioactive pollution. After that, a fire arose on the roofings of 3rd and 4th power blocks; that fire continued for 3.5 hours and was accompanied by the plume of sublimated and evaporated highly-dispersed and gaseous fission products. According to the wind direction, this plume spread northwardly, covering the town of Prypjat, south regions of Bjelorussia, the adjacent regions of the Russian Federation. The plume has also reached the Scandinavian countries and has formed the spots of caesium and strontium.

In the following six days, the active zone of the damaged reactor was being encapsulated from the air by inert materials; the gradual decrease of fission products discharge was taken place. The wind direction change caused this products distribution on the south regions of Bjelorussia, Brjanskaja, Orlovskaja and Kurskaja regions of the Russian Federation. The discharge radionuclides composition was close to that of the irradiated fuel.

From the 2nd till 5th of May, the reactor active zone secondary heating up to the temperature more than 2000°C occurred at the expense of the residual heat release and heat withdrawal disturbance. This period characterized with the radionuclides gaseous and highly-dispersed discharge intensity grow, that distributed southwardly and reached the city of Kiev, Moldavia, Transcaucasus and Balkan countries.

After the reactor smelted content leakage into the rooms under the reactor, the shaft of the reactor cooled down and the intensity of the radioactive substances discharge in the atmosphere sharply decreased. (the 6th of May).

During 10 days the radioactive substances discharge totaled about 50 MC; this

corresponds to 3.5% of the total radionuclides quantity in the reactor at the accident moment.

As a first approximation, one can assume that the radionuclides non-fractionated mixture had been discharged into atmosphere; as to its composition, this mixture slightly differed from the mixture that had been formed in the reactor at the accident moment. At the moment, only a few of the most long-lived fission products prevail in the radioactive fallout composition - caesium-134, 137; cerium-144; strontium-90; europium-154, 155, and the transuranium elements; plutonium-238, 239, 240, 241; americium-241, curium-242.

The alienation zone area with the pollution density more than 5 C/km² as to caesium-137, totals 3400 km²; the inhabitants settling out of this zone being completed now. The main part of this territory is occupied with forests (45%), fallow fields (30%), meadows (10%), bogs (7-8%), the Kiev sea area (2%), country and town buildings (4-5%), industrial building and tracks (5%).

The area with the pollution density more than 15 C/km² as to Cs-137, 3 C/km² as to Sr-90, and 0.1 C/km² as to Pu, totals about 1900 km². The "Red forest" territory is 6 km²; together with the totally deactivated plots it makes up to 10 km²; this, in turn, makes up to 0.3% of the alienation zone territory.

At the moment, there are 110 thousand C of radioactive caesium, 127 thousand C of strontium-90 and 800 C of plutonium isotopes on the Zone territory soil.

The pollution average densities in the 15-kilometers zone of CNPS amount to 120 C/km² as to caesium-137, 150 C/km² as to strontium-90, 0.5 C/km² as to plutonium. Alienation zone radioactive pollution according to the information of the SIA "Prypjat" now totals 240 thousand C of the biologically significant long-lived radionuclides. The overwhelming majority of radionuclides (95%) is located in the upper soil layer of 5 cm thick. This layer in the 15-km zone having the total mass of about 50 million tons, according to the SPORO-85 can be assigned to the solid low-active wastes.

Forests contain 1.5-2 times as much radionuclides as adjacent open plots; the pollution composition varies and does not depend on the territory pollution density. In turn, up to 90% of the forest polluting radioactivity is concentrated in forest bedding.

The alienation zone special object is an artificial water reservoir - cooler. It is ascended over the level of the river of Prypjat by 7 m, its area is about 23 km², and it contains 160 million m³ of water. The radionuclides content in the reservoir-cooler bottom sediments reaches up to 5.5 thousand curie. The strontium-90 in-water concentration makes up to 200 pC/l; that is two times less than acceptable concentration set by the Ukrainian standards for the limited part of population (category B).

There are about 800 PVLRW with the total activity deposit of about 380 thousand curie and volume of 1.1 milliard m³, located on the Zone territory. The most significant ten of them contain from 100 curie to 31 thousand curie. Some of the PVLRW and PBRW are being flooded by subsoil waters.

The greater part of the radioactive fallout is represented by the particles of the nuclear fuel dispersed by the explosion as well as by the particles of condensed fallout sized less than a micron. In such a manner the radioactive pollutions contact with environment via gigantic total surface; this causes the radionuclides geochemical mobilization resulted from the particles solid-phase diffusion to the surface, from lixivating, from uranium matrix dissolving, from the in-soil biological activities. In the first months after the accident the condensed fallout radionuclides have already displayed their ability to generate some ion and neutral forms soluble in water and accessible with respect to biological objects. The processes of the radionuclides immobilization (the fixed forms generating in soil), as well as the radioactive dissociation processes, compete with the radionuclides mobilization processes. Because of that, the mobile forms content of soils should have its maximum along the time axis from 1986 till 2025 years. Caesium-137 is more inclined to the fixed forms generating (zeolite traps), and its mobilization speed is substantially more comparing with strontium-90. The caesium-137 mobile forms content reached its maximum in first years after the accident; it did not exceed 5-10% of total caesium-137 quantity. At present its mobile forms content continues to decrease.

The strontium-90 mobile forms have already reached or are reaching now their maximum; this state can last for about 10 years more. Taking into account radioactive dissociation, the strontium-90 mobile forms content of soils will not exceed 70% of its total original deposit.

However, the radionuclides fixed forms generating in soil does not exclude the main way of their migration - the surface drain with melted, rain and spring waters. The annual precipitation level in the zone reaches up to 500-600 mm, the greater part of it fall in summer. In the physical chemical aspect the radioactive pollutions carried over with surface waters can be considered as suspended highly-dispersed soil components with the radionuclides fixed on them, together with the radionuclides neutral complexes with dissolved organic components of the soil.

In the physical-geographical aspect, the alienation zone can be classified as an accumulative plain with minor heights relative differences. The zone characteristic features are non-drained over-humidified and swamped territories. Highly developed sandy rocks in the upper part of geological section entails the rocks high saturation

with waters and active connection between surface and underground water. Water-bearing horizon occurs at a depth varying in wide range: from 0 to 6 m on the flood-lands and first over flood-land terraces and from 5 to 15 m on the over-flood-lands and morainalandrial plain. Within the territory limits, subsoil waters are not protected from the hydrogeofiltrational penetration from the surface because of the aeration zone rocks minor thickness and high permeability. The under-soil drain can reach from 30 to 100% of the precipitation on the plots with small surface drain. Large and small rivers of the zone annually carry out 0.5-0.8% of the strontium-90 deposit into the Dnieper; this is the greatest actual danger caused by the alienation zone to the Ukrainian population. With respect to this factor, collective dose can be estimated as 55 thousand ber per man per year.

The annual quantity of caesium-137 carried out by the same manner reaches up to 0.03-0.05%. The territories located outside the alienation zone, in the river of Prypjat upstream basin, contribute most of all to the caesium-137 carry-out.

Obviously, the radiation monitoring main task in the CNPS alienation zone is the control of the in-zone water objects pollution levels and of the radioactivity carry-out outside the zone by water. The water objects radiation monitoring shows an overall picture of the radioecological situation changes dynamics in the alienation zone as well as outside the zone. The migration with waters is the main way of the alienation zone dose forming radionuclides to contribute to the additional irradiation of the inhabitants of the regions provided with and using the waters of the Dnieper water system, the radionuclides said being distributed via the trophic migration paths. The water radiation monitoring modern system in the Ukrainian zone influenced by the Chernobyl emergency pollution, acquired its entire form before the beginning of the spring flood-time in 1987, and functions up to now. Water for the strontium-90 and caesium-137 measuring is being sampled during long time no less than once a month, at 14 observation stations, located near the main stream flows of the alienation zone, mainly in their mouths.

The divisions of the DCD of the SIA "Prypjat" regularly control the radionuclides content of the CNPS alienation zone water objects.

The DCD sampling schedule includes tens of observation objects concerning the zone surface and undersoil waters, with the observation period ranging from 1-2 times a month to 1 time a quarter for water mediums, and 1-2 times a quarter for the bottom deposits and biological objects.

Besides, several tens of stations exist where the organizations dependent on Ukrainian Ministry of Public Health and on Ukrainian State Committee on Water Resources Using,

measure weekly the water total beta-activity (water intakes for drinking water and irrigation systems), and for the Kiev water intakes, the strontium-90 express-measuring is carried out daily.

As a whole, Ukrainian base control system for surface waters includes the control of the radionuclides content of the Dnieper basin and of small rivers located in the influence zone, the control said being carried out with various periods and in more than 100 observation stations.

In addition to the permanent observation stations, some organizations have created the temporal networks of observation points, to solve several specific problems in the investigation and protection spheres. Regular annual field studies on the Dnieper water reservoirs cascade are also carried out. In March, 1991, the upper limits for the strontium-90 in-water concentrations have been settled for the rivers of Prypjat (near Chernobyl), and Dnieper (near Kiev), namely 50 pcurie/l and 20 pcurie/l, respectively.

In addition, a schedule has been developed and a network of wells has been created for the observation of the subsoil waters drive and pollution; the monitoring is carried out on 177 and 50 wells, respectively. In some regions the pollution of the Quaternary horizon subsoil waters has been discovered. Up to now the pollution of the main drinking-water-bearing horizons in the palaeogene deposits has not been discovered. The subsoil waters radiation monitoring system in the alienation zone needs further improvement in technical and organizational aspects.

Together with the radiohydrogeological monitoring, the monitoring of the radionuclides secondary redistribution in the soil upper layers has been developed and is carried out now in the CNPS 30-km zone. This monitoring is aimed at the radioactive pollution lateral and vertical migration dynamics prediction and control. To carry out such a control, a radial-type bench-mark network has been proposed, with the center in the accident block. This network proposed by the faculty of physics of MSU embraces the CNPS 30-km zone and consists of 396 soil sampling bench-mark points, positioned along 36 radial directions (in 11 points along each direction). The soil samples from the depth of 5-7 cm were periodically taken in these points by various facilities, mainly by the coring tubes 89-127 in diameter.

The radionuclides vertical and lateral migration became the subject of the researchers interest only after the SIA "Prypjat" R&D center had been created. With this purpose in mind, in 1991 the soil samples have been taken throughout all the existent bench-mark network by layers; up to the depth of 14 cm, the inter-layer distance equaled to 2 cm, and as the depth, further increased, the distance said became 5 cm, up to the depth of 24 cm. This was followed by the radiospectrometrical and radiochemical analysis

enabling to draw up the maps-charts for the specific radionuclides distribution on the surface and in the soil vertical sections.

The technique based on the sampling throughout the bench-mark radial-type network displayed the radioactive fallout distribution in the 30-km zone only in general, ignoring the substantial inhomogeneity in their surface distribution. The comparison of the monitoring results for several years showed that in general the radionuclides distribution on polluted surface practically did not change in time, and up to 95% of the radionuclides stayed in the upper soil layer 5 cm thick. Their minor part penetrates more deeply without substantial fractionation. The latter evidences the prevailing of the filtrational carry-out of the highly-dispersed component of the radioactive fallout, this carry-out realizing by precipitation.

To represent the radioactive fallout distribution and dynamics in the 30-km zone in more detail as well as to estimate more exactly their deposits, the R&D center took the initiative in pursuing of the large-scale mapping (1:25000 and 1:10000) in cartesian coordinates with the sampling step of 500×500 m; the layer-by-layer sampling was accompanied by the landscape geochemical and lithological mapping.

The third monitoring trend is aimed at the carry-out dynamics investigation of the mobile radionuclides from the main PBTRW of the 30-km zone in vertical direction, and as a component of subsoil water-in the direction of their carry-out into surface stream flows. With this purpose, a network of wells inside the burials and in the adjacent territories is used, the wells reaching the subsoil waters level above and below their drain with respect to burial. The composition and physical-chemical properties of the radionuclides forms containing in the subsoil waters are being determined.

The fourth radiation monitoring trend investigates how the dimensions, morphology and radionuclide composition of the dispersed nuclear fuel (fuel particles) fallout individual fragments dynamically change in natural environment. Such a type of fallout remains one of the most important sources of the mobile fission products and of the transuranium elements, they gradually penetrate into the natural environment as a result of the solid-phased diffusion in fuel matrix, lixivating, aggregation state loss, and mechanical destroying of fuel particles.

The particles radionuclide composition changing dynamics is investigated on the statistically significant samples of individual particles that are periodically sampled from polluted territories. With the same purpose, the model experiments on the chemical action on individual particles under the laboratory conditions, are pursued.

At the moment, it has been found by the methods of electronic microscopy, roentgenspectral analysis, radiospectrometry and radiochemical analysis that the

overwhelming quantity of the fuel particles can be classified among one of the two types: with the uranium-oxide matrix or with uranium zirconium-oxide matrix. The latter, fuel-construction particles are characterized by less radiocaesium content, by morphological specific features, by greater mechanical strength and by chemical stability.

The radionuclide proportions in the fuel particles from one sample differ greatly (up to the factor of 10^2), and these proportions are statistically distributed according to the lognormal relation. For this reason the fuel fallout radionuclides composition behaviour in natural environment can be positively revealed by the analysis of the particles representative samples taken periodically in one and the same observation point. In the radioactive fallout fuel (U-O) or fuel-construction (U-Zr-O) matrix, fission products (FP) and transuranium elements (TUE) are positioned between the nodes of crystalline grid; besides, because of the solid-phase diffusion, they concentrate in the crystalline structure defects (on the pores surface, in cracks, on the borders between microblocks and microcrystals). Under such conditions, the existence of separate phases consisting of FP and TUE becomes possible. During the accident, the FP and TUE oxidize because of the loss of sealing by the heat releasing elements and by the contact, at the high temperature and in the presence of air and water stream. Non-total oxidizing (excluding inert gases) occurs only to the ruthenium isotopes. At present, the most long-lived isotopes among them are found in the fuel masses in the form of metal inclusions.

The dispersed fuel fallout contact with natural environment causes the FP and TUE oxidized forms slow transition into dissolved state. The radionuclides relatively low percentage in the fuel matrix under the relatively low mass percentage of the on-surface dispersed fuel in the soil surface layer, eliminates the independent phases forming by the radionuclides mobile forms. Under such conditions, the sorption phenomena, the pseudoradiocolloids forming, and the forming of the radionuclides ionic forms complexes with dissolved and undissolved soil organic components, acquire the prime importance in migration processes.

The fifth monitoring trend is the radioecological monitoring that stipulates the long-term observations system creation for the conceptual problems solving of the nature using, of the works on the soil and forest arrangement, as applied to the alienation zone. The CNPS accident radiation consequences for the differently aged animals living in the water and on the earth, for insects and soil microflora, are estimated in the field conditions. The radionuclides migration regulations via trophical chains are studied as applied to the natural and man-made biocoenoses of the alienation zone. The

chemical irradiation small doses influence on the biochemical and reproductive functions, genetical and molecular-biological changes in the warm-blooded animals and fishes, the citogenetical parameters and spinal cord changes in the animals of the alienation zone.

On the base of the radioecological monitoring results, the practical ways of the dose loads reduction for people and domestic animals are developed, The loads said being caused by the radionuclides incorporated and by the agriculture products pollution; the projects are being developed for the operation of the scientific-experimental many-profiled and forest productive units in alienation zone.

The sixth radiation monitoring trend is the control of the atmosphere pollution and the radionuclides carry out outside the alienation zone. After the desactivation measures completing in 1988 the air specific activity outside the zone decreased up to $4t-16$ curie/l, and the average made $0.1-1$ mcurie/km² per day. However, under the extremal conditions by the dust storms and forest fires the atmosphere radiation monitoring becomes necessary. The atmosphere radiation monitoring and especially the α active emitters dosimetry, will acquire importance as the fuel fallout dispersion will progress, the transuranium elements dissolution and their sorption on the soil dust-like fraction. Besides one should take into consideration the fallout α -activity increase at the expense of the comparatively speedy plutonium-241 β -dissociation with the forming of the long-lived α -emitter-ameridium-241. For this reason, various surface and alplane impactors are used, as well as the plotboard-type traps system.

So, the radiation monitoring in the alienation zone comprises the whole complex of the systematic field and laboratory investigations of the radionuclides forms and secondary redistribution, as well as of the ionizing emission doze fields in the natural environment objects (in atmosphere, soil, waters, natural and man-made biocaenose). The CNPS alienation zone radiation monitoring comprises the complex of long-term measures necessary to constantly control the radioecological situation inside and outside the alienation zone. Besides these measures also possess substantial cognitive meaning because they reflect the unique processes in natural environment with the participation of the technique-generated radionuclides.

Hence till end of 1992, the alienation zone overall investigation allowed to develop the following scientific statements on the subject.

1. The radiological situation in the alienation zone and in adjacent rivers and water reservoirs of the Dnieper cascade is stable.
2. The radionuclides strong fixation by the natural environment components should be mentioned.

3. The stabilizing role and radioecological capacity of the ecosystems and natural landscape-geochemical barriers have been stated.
4. Less than 1 curie per year is carried out of the alienation zone by the technique-generated migration.
5. Aeoliation carry-out from alienation zone. In 1988, after the desactivation measures completing, the air specific activity outside the zone made $0.4 \cdot 10^{-15}$ curie/l, and the average fallout made 0.1-1 mcurie/l per day.
6. The carry-out caused by pyrophenomena. The deposit of the biologically-active radionuclides in the dry phytomass on the area of 20-30 km² (the fires area in 1992) makes up to a few tenths of a percent of the total radionuclides deposits laying on the surface, i.e. tens curie.
7. The radionuclides carry out of the alienation zone by animals and birds. The radionuclides percentage in the zoomass is still smaller. During autumn transmigration, tens million of birds stay in the zone, their total mass is about 5-6 tons. The carry-out upper limit can be estimated as some curies per year in Cs-137 and Sr-90 (under the assumption that the migrating birds are polluted up to the level of the local ones). This carry-out distributes on gigantic territory to the south and south-west from CNPS and does not substantially influence the ecological situation.

As you see, dear Japanese colleagues, there are several unsolved problems in Chernobyl zone; our young and still economically weak state of Ukraine cannot solve them independently. Difficult economical situation of our state entails the annual reduction in scientific researches of financing including the alienation zone radiation monitoring problems study. A priceless ecological testing area is perishing before our eyes; there we can obtain the unique information all the mankind need only by the combined efforts of our two countries. We shall greet and support all the practical steps of our Japanese colleagues aimed at these problems cooperative investigation. To our mind the most efficient action of the Japanese party could be the creation of the laboratory specialized on the alienation zone radiation monitoring scientific problems investigating and equipped with modern apparatus for physical-chemical researches; this laboratory should be opened in Chernobyl by the CCMR, and Japanese and Ukrainian researchers will pursue there the cooperative works.

2. Radiation State of Environment in the 30-km Zone of Chernobyl NPP. Water Objects

A.K.Sukhoruchkin
(Dosimetric Control Board,
"Pripyat" Research-and-Industrial Association)

Till the 1986 accident the parameters of radiation state of the environment in the ChNPP monitoring zone were close to the average radioactive contamination levels for the country. The exposure rates and contents of strontium-90 and cesium-137 in main components of the human habitat, typical for the ChNPP zone in the period of 1975-1984, are presented in Table 1.

The extremely high levels of radioactive contamination, produced by the release from the ChNPP at the accident, declined as short-lived nuclides decayed. Figures 1 and 2 show results of the aerial gamma photographs of the 5-km zone, made in October 1986 and September 1987. Over this period the exposure rate declined 2- to 10-fold.

Radiation-hygienic parameters of long-lived radionuclides of the Chernobyl release, corresponding to national radiation safety standards, are presented in Table 2. These data refer to the moment of the release. As seen, among long-lived nuclides the main contribution to the dose in inhalation should have been expected of transuranium nuclides, and in ingestion, of strontium-90.

The activity of americium-241 and its contribution to the internal exposure rises with time, but the total effective dose from an intake of a nuclide mixture contained in a volume unit of water or air does not increase:

Elapsed time, years	Inhalation	Ingestion
0	1	1
1	0.55	0.178
7	0.39	0.089
10	0.40	0.082
15	0.41	0.080
25	0.42	0.062
50	0.42	0.041
75	0.40	0.028
100	0.38	0.021
500	0.23	0.007

The radiation situation in the 30-km zone is at present determined by cesium-137, strontium-90, and transuranium radionuclides. Such a nuclide mixture is very unfavorable from the radiobiological point of view, since all the main pathways of dose formation are acting: cesium-137 produces the external exposure; strontium-90 and cesium-137, the internal exposure at ingestion; and transuranium nuclides, the internal exposure at inhalation. This nuclide blend is also difficult for the

dosimetric monitoring, because determining the content of strontium-90 and transuranium nuclides in environmental objects and human body calls for laborious radiochemical analyses. Moreover, cesium-137 produces in the human body a field of scattered gamma radiation, on whose background it is very difficult to discern the presence of transuranium nuclides, in particular of americium-241. In the event of intake of the mixture of the Chernobyl release nuclides into the organism even a low background content of cesium-137 in the human body does not guarantee the observance of radiation safety standards.

The radiation monitoring of the environment becomes important under such conditions.

Densities of soil contamination in the 5-km zone with radionuclides Cs-137, Sr-90 and isotopes Pu-239,240 (in Ci/km²), based on results of the soil sampling in 1987, are shown in Figs 3-5.

The contaminated soil is a source of ingress of radionuclides into water objects and into the surface layer of atmospheric air.

Monitoring of Water Objects

Abundant water resources of the region called the Ukrainian Polesse (Woodland) had at one time played an important part in selection of the NPP construction site. The density of the permanent drainage network at the territory of the 30-km zone is of 0.3-0.4 km/km². The annual normal water flow in the river Pripjat amounts to about 400 m³/s. The area of the cooling water pond constructed for the service water supply to the ChNPP exceeds 22 km². Water objects (water basins, floodplains, hydroamelioration systems) account for 25% of the 30-km zone area. There are also three underground aquifers here, at depths of down to 30 m, of 40-80 m, and more than 120 m respectively.

The Pripjat is the largest tributary of the Dnieper which in turn serves as the source of potable water supply to 8 million people. Over 20 thousand tons of fish are caught in the Dnieper annually; the irrigated land area exceeds 16 thousand square kilometers, about 5 cubic kilometers of water being spent for this purpose.

At present the density of contamination of catchment areas in the central part of the 30-km zone amounts to 37-44 MBq/m² (1000-1200 Ci/km²).

In soils at all catchments of the 30-km zone at present there are

cesium-137	3.5 e+15 Bq (93,600 Ci);
strontium-90	3.1 e+15 Bq (84,400 Ci);
plutonium-239,240	3.0 e+13 Bq (800 Ci).

At flooded areas of the Pripjat flood plain there are

cesium-137	5.9 e+14 Bq (16,000 Ci);
strontium-90	4.8 e+14 Bq (13,000 Ci);
plutonium-239,240	1.1 e+13 Bq (300 Ci).

The Dosimetric Control Board of the "Pripyat" RIA conducts observations of the radioactive contamination of surface water in 22 points located at the Pripyat river, cooling water pond, small rivers, lakes and streams in the 30-km zone; underground water is monitored in 92 wells.

52 samples of surface water and 82 samples of underground water are taken every month. The content of gamma-radiating nuclides and strontium-90 is determined in all samples.

In interpretation of results of the monitoring it is convenient to take as the reference the permissible levels of the content of nuclides in potable water, set by the Ministry of Public Health:

Sr-90	3.7 kBq/m ³ (100 pCi/l);
Cs-137	18.5 kBq/m ³ (500 pCi/l).

The management of the "Pripyat" RPA has also set a control concentration of strontium-90 in water of the Pripyat and a control value of the annual carry-over of strontium-90 with water of the Pripyat into the Kiev water storage (Table 3). The control value of the annual carry-over has been determined from the condition that the average annual concentration of strontium-90 in the Kiev water storage should not exceed 0.74 kBq/m³ (20pCi/l).

Average annual concentrations of nuclides in the Pripyat and Dnieper are presented in Table 4. The concentration of cesium-137 shows a stable tendency to decrease, whereas the concentration of strontium-90 in the Pripyat over the last 6 years has not decreased. The difference is due to physico-chemical properties of cesium-137 and strontium-90 (solubility, sorption properties) and to the hydrological conditions being formed.

The coefficient of distribution (Kd) of radionuclides in the "ground-water" system has been found in various experiments to be as follows (ml/g):

	Cesium-137	Strontium-90
Sand	180 to 1100	1.6 to 12
Loamy clay	1100 to 1400	16.0 to 45
Sandy loam	1300 to 1500	22.0 to 38

The coefficient Kd characterizes sorption properties and to a great extent determines the rate of migration of a radionuclide and its distribution in the "suspension-water" system.

Water in water basins and water flows in the central part of the 30-km zone is much more contaminated (Table 5). The water protection measures, already implemented and prospective, have been and are aimed at isolating these objects from the Pripyat river.

Apart from water catchment areas, a source of ingress of nuclides into water are also clastic deposits in water basins.

Amounts of nuclides in clastic deposits in the cooling water pond of the ChNPP and Kiev water storage are presented in Table 6.

It may happen that, because of imperfection of sampling facilities (gravity samplers are used) and a sharply nonuniform distribution of the contamination density, the data on the amounts for the cooling water pond are somewhat underestimated.

In the period of carrying out the research the maximum contamination densities for the clastic deposits were estimated at

for cesium-137	28 MBq/m ² ;
for strontium-90	24 MBq/m ² .

Later, in 1991, a sample was taken with a much greater content of the nuclides

cesium-137	2000 MBq/m ² ;
strontium-90	154 MBq/m ² .

The rate of leaching of strontium-90 from clastic deposits of the cooling water pond is estimated from material and water balance equations at 1.3 TBq/year (34 Ci/year).

The carry-over of cesium-137 and strontium-90 by water of the Pripjat into the Kiev water storage in various years is shown in Table 7. A greater carry-over of strontium-90 in 1991 was due to ice dams and flooding of the drain in January-February 1991. This winter flood resulted in an additional carry-over of about 3.3TBq (90 Ci) of strontium-90.

The last year, 1993, turned out to be the most water-abundant over the whole period after the accident. As a result of copious rains (in July, 155-280 mm in various places of catchments), a summer flood took place at small rivers in the 30-km zone, whose probability is estimated in terms of the flow at less than 10% and in terms of the level at less than 5%. Water flows in the river Uzh varied in July 1993 as follows (m³/s):

beginning of month	middle of month	end of month
8.5	14.3	270.

The water level in the Uzh rose by 3 m; the strontium-90 concentration increased

from 0.3-0.6 kBq/m ³	(8-15 pCi/l)
to 1.3-2.3 kBq/m ³	(36-61 pCi/l).

A considerable additional amount of strontium-90 got into the Pripjat also from the left-bank hydroamelioration system. The concentration of strontium-90 in the water discharged from the amelioration system into the Pripjat is of 52-70 kBq/m³ (1400-1900 pCi/l). For comparison, the concentration of cesium-137 in the water is five times as low, although the average density of soil contamination by this nuclide is there twice as high.

Although the carry-over of strontium-90 in 1993 rose significantly, but, since this year is classed as water-abundant, the control value was not exceeded.

Much concern in the 30-km zone is aroused by the radiation state of underground water at places of the forced temporary burial of solid radioactive waste and at the enclosing dam of the

cooling water pond. The concentration of strontium-90 is there much higher than in the Pripyat (Table 8).

The water level in the cooling water pond is 6-7 m higher than the mean level in the Pripyat, and the water is continuously filtering through the sand dam at an mean annual rate of 3 m³/s.

The filtration and evaporation losses are made up by feeding water at a rate of 7 m³/s from the Pripyat into the pond. Before the accident such an arrangement of the cooling water pond caused no objections, since a much more clean water, filtered by a 200-meter sand layer, came into the Pripyat instead of the water taken from it.

The time history of advancement of the contamination front across the dam is shown in the Fig. 6, where the vertical cross-sectional view of the dam at the north-eastern part of the cooling water pond is depicted schematically and curves of the spatial distribution of concentrations of strontium-90 in the filtering flow in individual years are presented.

By now the small sorption capacity of the sand dam has been exhausted (the coefficient of distribution, K_d, of strontium-90 in the sand-water system is here estimated at 1 ml/g), and strontium-90 comes unhinderedly from the pond into the Pripyat.

The difference in migration properties of cesium-137 and strontium-90 has distinctly manifested itself here under natural conditions. In the cooling water pond the Sr-90/Cs-137 concentration ratio is of 0.7-0.9, whereas in the filtration flow this ratio at various parts of the dam varies within 40-100.

The main components of the flow and sources of ingress of strontium-90 into the Pripyat in 1993 are estimated as follows [in TBq/year (Ci/year)]:

Entry to 30-km zone	-	5.6	(152)
Left-bank hydroamelioration system	-	1.8	(48.5)
Cooling water pond	-	0.7	(19)
Floodplain areas	-	7.5	(202)
Others	-	0.09	(2.5)

Pripyat river (Chernobyl)	-	15.7	(424)

In the potable water of the public water supply system (the water intake is at a depth of 80-120 m) the concentration of radionuclides is at the level of the pre-accident background values or exceeds them insignificantly.

The cesium-137 content in the fish from the cooling water pond exceeds ten and more times the value of 740 Bq/kg (2.0 e-8 Ci/kg), allowed by the Ministry of Public Health. In the fish caught in the Pripyat the content of cesium-137 is as a rule several times below this permissible limit.

Tabl.1

Levels of radioactivity in the zone
of Chernobyl NPP before the accident

Exposure dose rate 10...15 micro R/h

OBJECT	: Content of radionuclides	
	: Cesium-137	: Strontium-90
The Soil, Bq/m ²	52...850	37...330
The Water, Bq/m ³	92	130
The Air, Bq/m ³	9.0e-6	1.5e-5
The Vegetation (dried), Bq/kg	0.9...9.0	1.6...3.2
The Milk, Bq/l	0.37...3.7	0.037...0.37
Cereals, Bq/kg	0.13	0.48
Mushroom, Bq/kg	0.37	0.09

Tabl.2

Radiation hygienic parameters of the long-living nuclides
of the accidental release of Chernobyl NPP

Radio-nuclides	Half live, year	Accidental release, MCi (R)	Authorised concentrations (C)		Index of the effect (I)	
			Air, fCi/l	Water, nCi/l	Inhalation	Ingestion
Cs-137	30.0	1.0	490.	15.	1.0	1.0
Sr-90	29.1	0.22	40.	0.4	2.7	8.3
Pu-238	87.7	0.0008	0.033	2.5	11.9	0.005
Pu-239	24065.	0.0007	0.03	2.2	11.4	0.005
Pu-240	6537.	0.001	0.03	2.2	16.3	0.007
Pu-241	14.4	0.14	1.6	110.	42.9	0.017
Am-241	433.	0.0001	0.1	1.9	0.5	0.0008

Notes : fCi = (1.0e-15) Ci
nCi = (1.0e-9) Ci

Index of the effect was calculated by formula

$$I_j = \frac{R_j}{C_j} \frac{C_{137}}{R_{137}}$$

I_j - the value for the place and the moment of the release.

Authorised concentration (C_j) was borrowed from -Radiation Safety Standards RSS-76/87 and Principal Sanitary Rules PSR-72/87. Moscow. Energoatomizdat, 1988. 160p. (in Russian)

Tabl.3

Reference Levels for River Pripjat. Sr-90

Parameter		: Low water :	Mean water :	High water
		: year :	year :	year
Concentration	pCi/l	30	30	30
	kBq/m ³	1.1	1.1	1.1
Removal to	Ci/year	280	460	720
Kiev reservoir	TBq/year	10.4	17.0	26.6

Tabl.4

Concentration of radionuclides in the river water,
kBq/m³

Name	: Year :	Cesium-137	: Strontium-90
the Pripjat (Chernobyl)	1986	22	1.9
	1987	3.0	2.2
	1988	0.9	0.7
	1989	0.4	0.8
	1990	0.3	1.0
	1991	0.4	1.3
	1992	0.2	0.6
	1993	0.2	0.8
the Dnieper	1986	2.0	0.5
	1987	2.0	0.5
	1988	1.5	0.3
	1989	0.4	0.2
	1990	0.2	0.2

Tabl.5

Dynamics of the average annual concentration
of radionuclides in the water of the main water
objects of the nearest to the Chernobyl NPP zone,
kBq/m³ (pCi/l)

The object	Year	Cesium-137	Strontium-90
The cooling-pond of the Chernobyl NPP	1987	70 (1900)	7.4 (200)
	1988	32 (870)	16 (430)
	1989	21 (570)	16 (420)
	1990	12 (330)	8.5 (230)
	1991	8.9 (240)	7.0 (190)
	1992	5.2 (140)	4.8 (130)
	1993	6.3 (170)	4.4 (120)
The Glynnytza river (near the cooling- pond)	1987	3.7 (100)	5.2 (140)
	1988	1.5 (40)	5.2 (140)
	1989	0.5 (13)	8.1 (220)
	1990	0.4 (10)	5.6 (150)
	1991	0.4 (11)	7.8 (210)
	1992	0.3 (8)	3.1 (84)
	1993	0.5 (13)	7.8 (210)
The Goluboj Ruchej (near the railway bridge)	1987	310 (8400)	16 (430)
	1988	6.7 (180)	15 (410)
	1989	6.3 (170)	20 (530)
	1990	15 (410)	150 (4050)
	1991	4.0 (110)	180 (4800)
The pond of the Pripyat river (near Pripyat town)	1987	25 (680)	13 (360)
	1988	9.6 (260)	8.9 (240)
	1989	11 (300)	14 (370)
	1990	13 (340)	105 (2830)
	1991	7.0 (190)	74 (2000)
	1992	11 (310)	81 (2200)
	1993	10 (270)	81 (2200)
The pond of the Pripyat river (near the railway station Ianov)	1987	20 (530)	-
	1988	7.4 (200)	37 (1000)
	1989	6.7 (180)	41 (1100)
	1990	5.2 (140)	48 (1300)
	1991	4.4 (120)	70 (1900)
	1992	3.7 (100)	28 (770)
	1993	3.6 (97)	56 (1500)

pCi = 1.0 e - 12 Ci

Tabl.6

Storage of radionuclides in the bottom sediments, TBq (Ci)

	: Year :	Cs-137	: Sr-90
The Kiev reservoir	1986		40 (1100)
	1990	96 (2600)	26 (700)
The cooling-pond of the Chernobyl NPP	1989	170 (4600)	28 (770)
	1991	167 (4518)	35 (956)

TBq = 1.0 e + 12 Bq

Tabl.7

Removal of Cs-137 and Sr-90 to the Kiev reservoir, TBq/year

Year	: the Pripyat		: the Dnieper		
	: Average annual rate of water flow, m ³ /s	Cs-137	Sr-90	Cs-137	Sr-90
1986	302	58	27	28	10
1987	246	15.4	8.5	13	7.2
1988	411	9.8	17	8.7	5.7
1989	392	5.9	7.8	7.4	3.3
1990	409	4.6	8.3	5.1	3.3
1991	442	2.9	14.4	2.0	4.5
1992	295	2.1	3.2	1.5	0.6
1993	598	3.9	15.7		

TBq = 1.0 e + 12 Bq

Tabl.8

Concentration of Sr-90 in Ground Water, kBq/m³ (pCi/l)

The Place	: November 1992	: November 1993
"Red Forest" (near NPP)	0.7...44 (19...1200)	20...150 (530...4000)
"Red Forest" (near Ianov)	0.19...1.2 (5...32)	0.6...3.3 (15...88)
The dam betwee the cooling-pond and Pripyat river	1.7...14 (47...380)	8.1...18.5 (220...500)

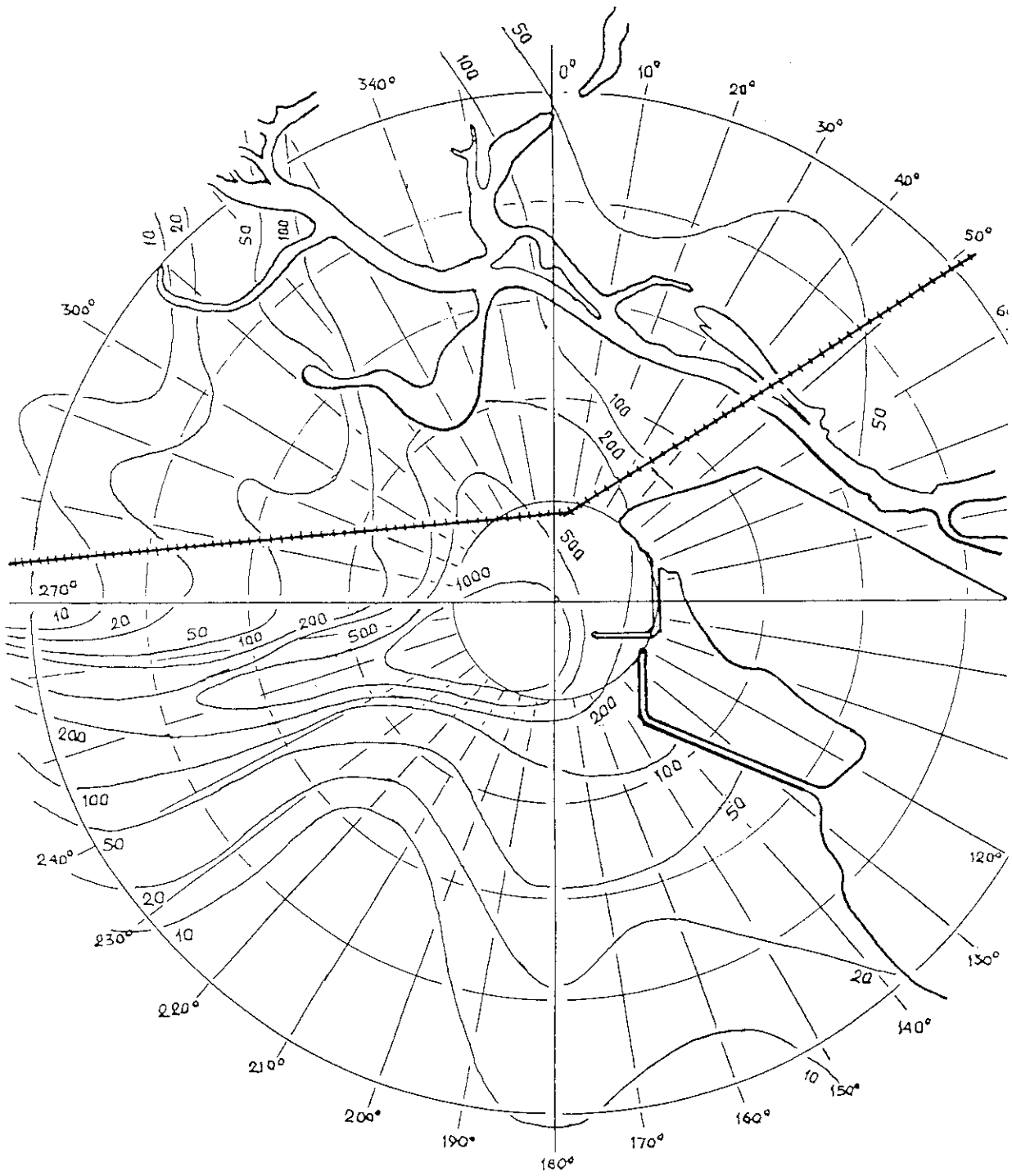


Fig.1. The aerial gamma survey of the 5-km zone Chernobyl NPP, mR/h. October, 1986.

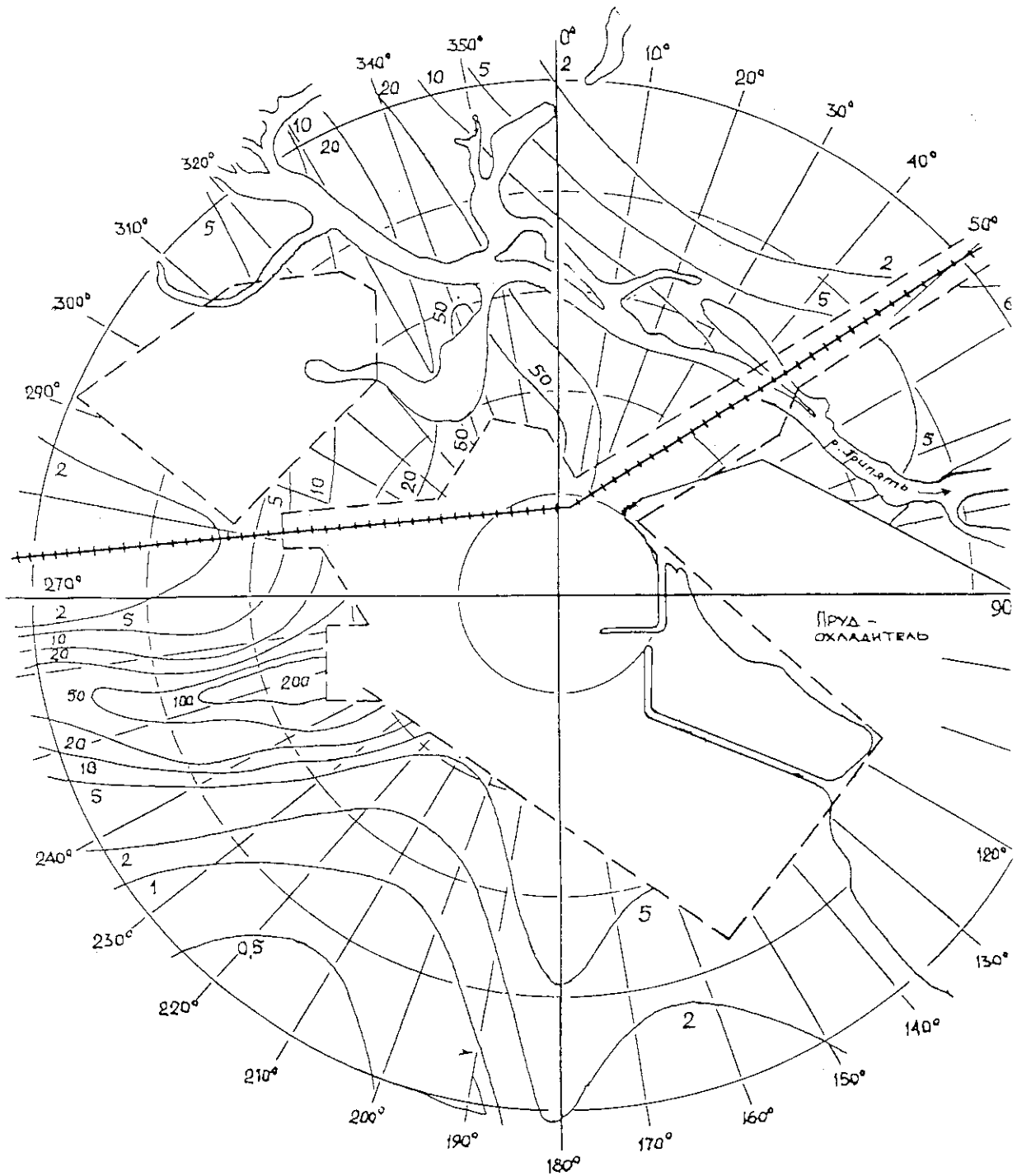


Fig.2. The aerial gamma survey of the 5-km zone Chernobyl NPP, mR/h. September, 1987.

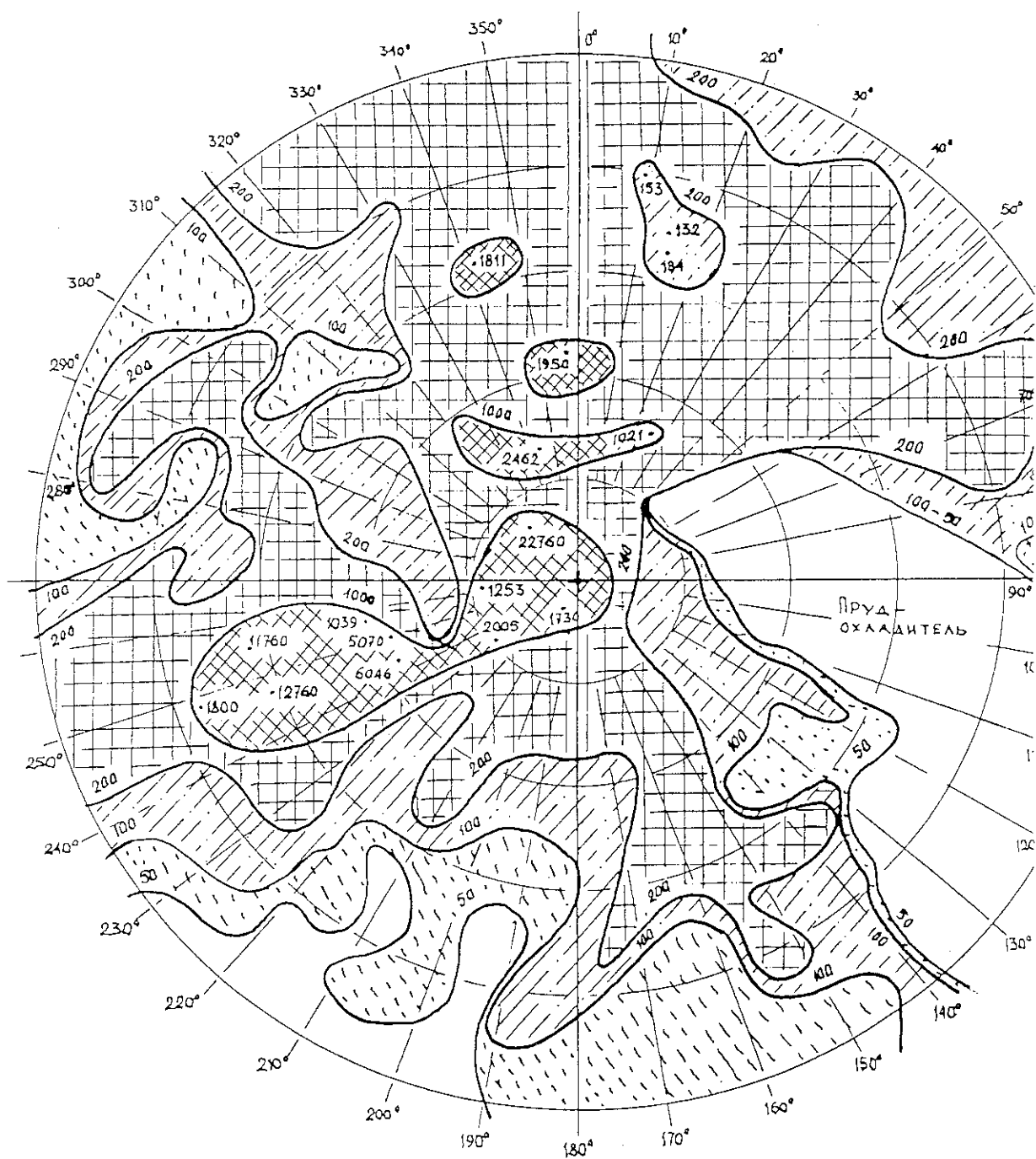


Fig.3. The density of soil contamination with Cs-137, Ci/km². 1987.

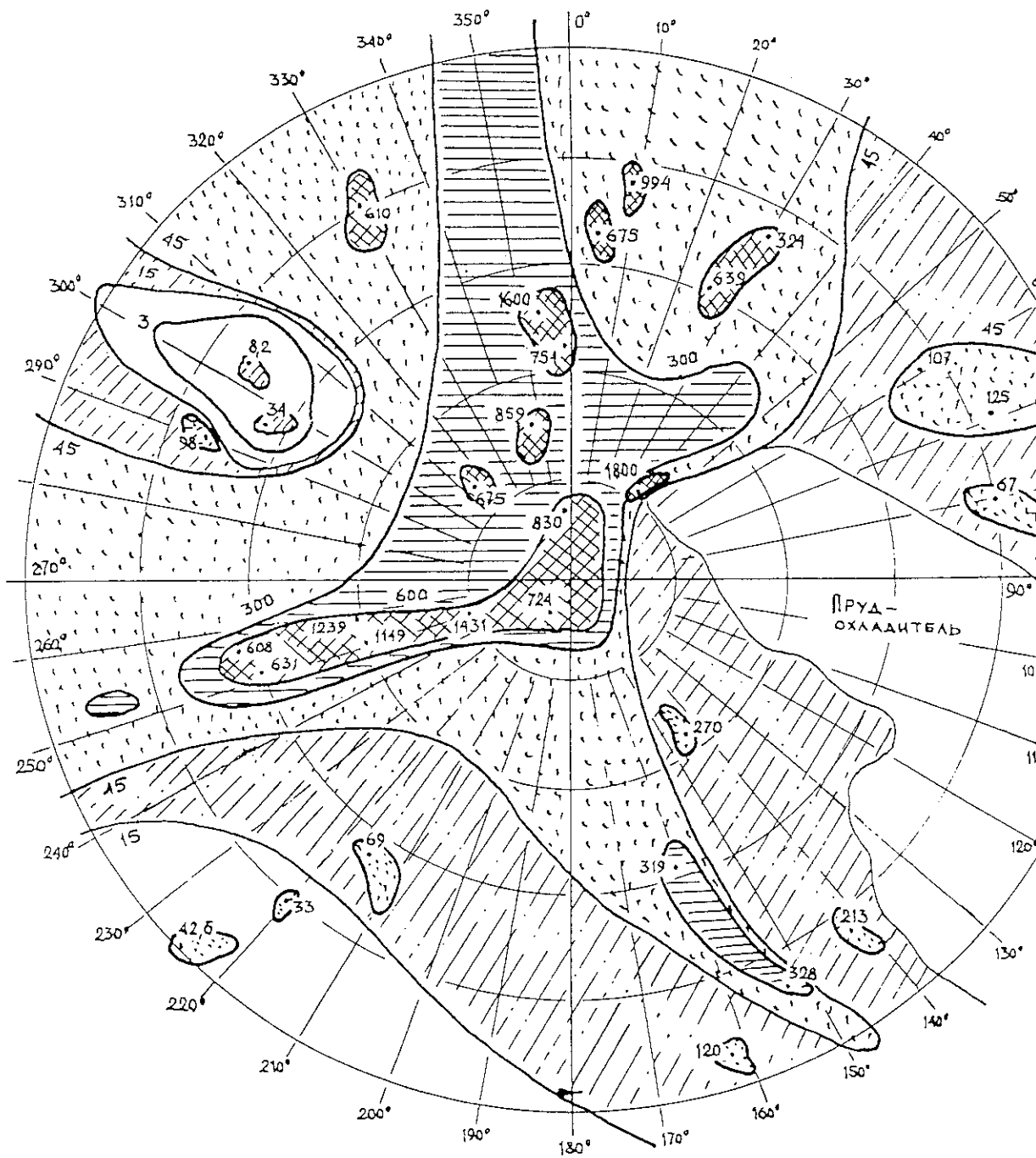


Fig.4. The density of soil contamination with Sr-90, Ci/km². 1987.

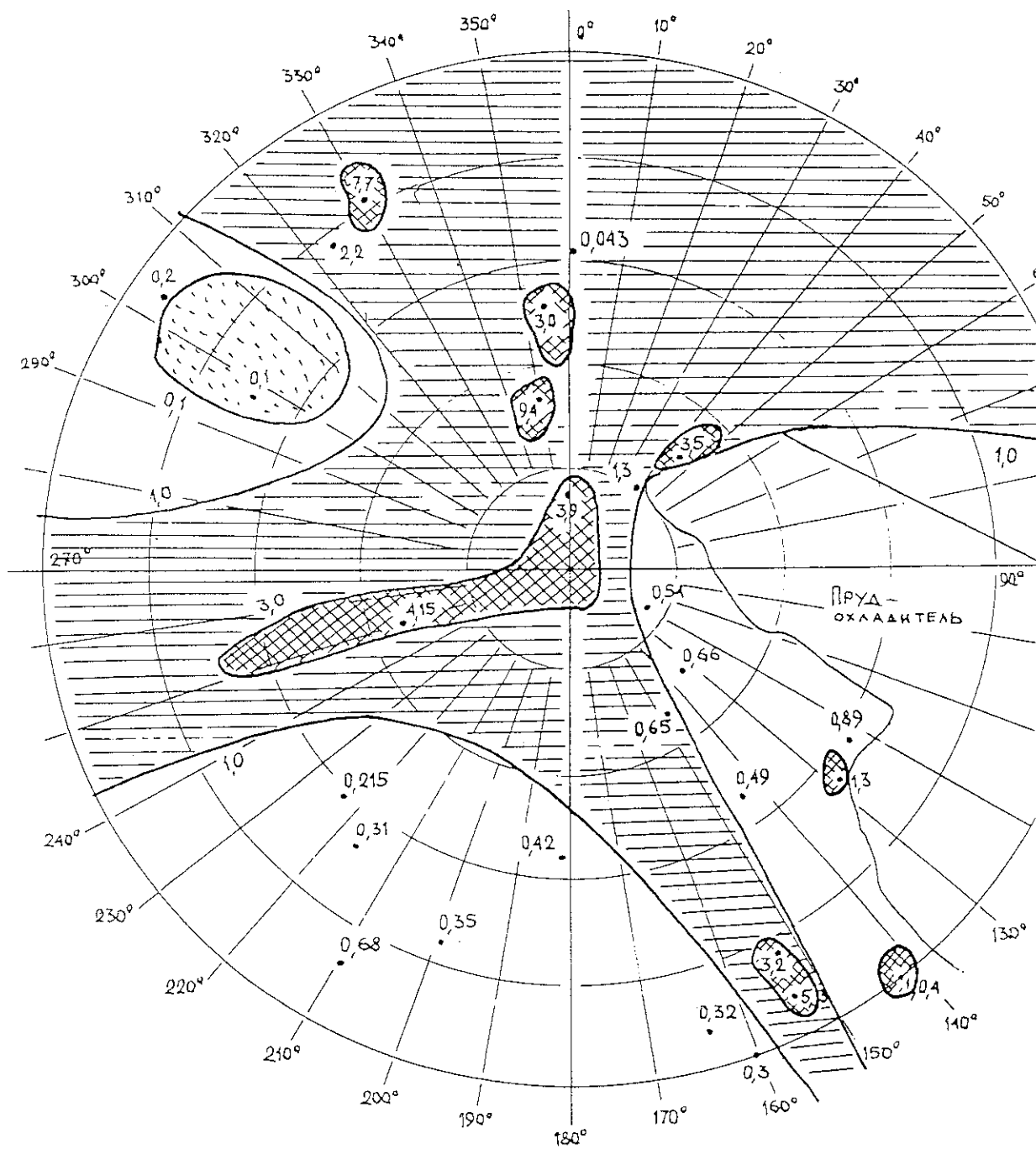


Fig.5. The density of soil contamination with Pu-239,240, Ci/km². 1987.

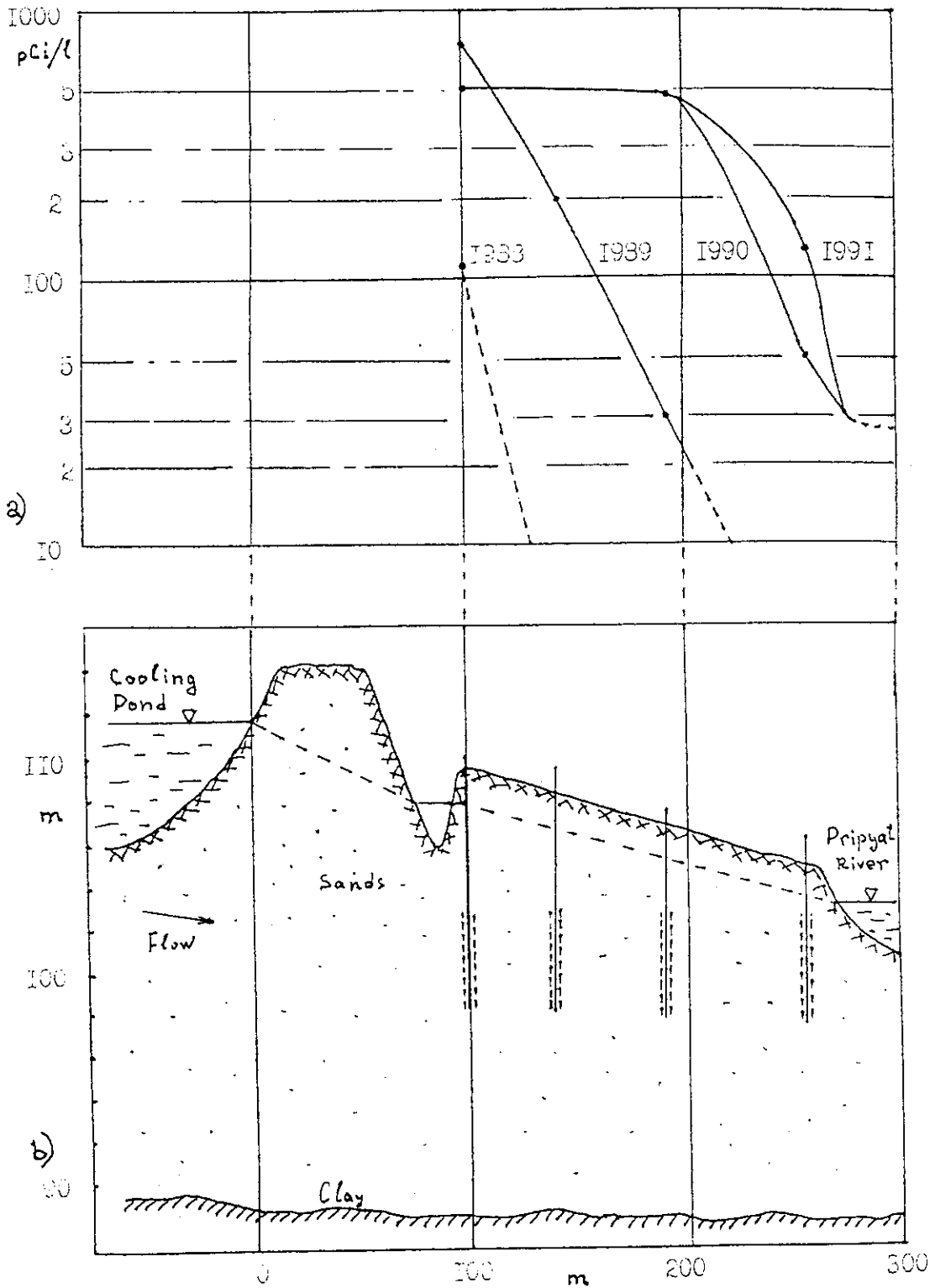


Fig.6. a) The contamination boundary movement due to filtrating waters. Sr-90, pCi/l.
 b) The cross section of the cooling pond dam along the observation holes.

Conclusion

The most mobile and radiation-significant radionuclide in water objects of the 30-km zone is at present strontium-90.

In the course of time, americium-241 may acquire importance as an indicator of the state of localized or scattered radioactive wastes.

Sources of the radioactive contamination in the 30-km zone of the ChNPP are spread over large areas; natural processes of dissolution and migration result in penetration of radionuclides into surface and underground water. The feasibility of an operative control of the processes is limited.

The Pripjat carries over into the Kiev water storage, depending on the water abundance in the year, 3 to 16 TBq/year of strontium-90. This value thousands of times exceeds the permissible release to the environment for a normally operating NPP. Under such conditions and with account of the scale of the use of water from the Dnieper, the radiation monitoring becomes the most important element of the radiation protection.

Mean annual concentrations of strontium-90 in the Pripjat do not exceed the established permissible and control values. The contribution of the cesium-137 and strontium-90, carried out by water of the Pripjat, to the population exposure through the drinking pathway is within 2% of the established annual limit of 1 mSv.

Results of the monitoring are employed for estimation of the collective dose and adoption of decisions on countermeasures as well as for information of the public.

3. Carrying out and Planning Measures for Improvement of Radiation Situation
in Alienation Zone after Accident at Chernobyl NPP

S.V.Kazakov, Chief Engineer, NPO "Pripyat"

Technogenic radionuclides that were released into environment as a result of the Chernobyl accident joined the energy and mass transfer processes which to a great extent are determined by specificity of natural and climatic conditions of Ukrainian Polesye (woodlands).

The explosion and fire that followed it at Power Unit 4 and also the measures taken to control the latter promoted a spread of radioactive materials in the environment which, in turn, by virtue of meteorological factors led to development of the "north", "west" and "south" trails and contamination of the south part of Byelorussia, western part of Russia's central regions, northern and central regions of Ukraine.

A most severe damage was inflicted on the Chernobyl district of the Kiev Region and Bradin district of the Gomel Region, territories of which were included (after evacuation of people in May 1986) into a 30 km-radius zone around the Chernobyl NPP (eviction zone) with a total area of 2,827 sq. km and specific status of administration (since 1991 - alienation zone)

At present, according to the data furnished by the Dosimetric Monitoring Board of the NPO "Pripyat" the ground over the Zone territory has accumulated 110 thous. Ci of Cs radioisotopes, 127 thous. Ci of Sr and 800 Ci of Pu. The points of temporary localization of radioactive waste are estimated at over 130 thous. Ci of radio-caesium, about 120 thous Ci of Sr-90 and 1.3 thous Ci of Pu, the area with contamination levels of over 15 Ci/km² of radiocaesium, 3 Ci/km² of Sr-90 and 0.1 Ci/km² of plutonium making up 1,856 sq.km.

After the primary radioactive contamination of the terrain, and with meteorological factors superimposed on physical and chemical conditions of radioactivity release plus topographic factors, a new type of vegetation had developed as well as a pattern of economic exploitation of the territory. All this resulted in the formation of the ground contamination type extremely non-uniform in the forms of occurrence and distribution of radionuclide concentrations.

A potential hazard of radionuclide carry-over from the alienation zone called for most careful investigation into the processes of activity redistribution with water, wind and technogenic transport. These investigations were carried out by research teams of the USSR State Hydrometeorological Committee, USSR Ministry of Geology, USSR Ministry of Nuclear Power, USSR State Agroindustrial Committee, Academies of Sciences of The USSR, Ukraine and Byelorussia, etc.

The results of studies on radionuclide migration made it possible to reveal certain regularities, assess hazards of water and wind transport and put forward scientifically-based recommendations for reducing activity wash-off from the alienation zone (the water-protective project is now in the Pripyt flood-plain land in the "nearby" zone of the ChNPP). Organizational measures based on these recommendations and aimed at stopping economic activity in the Zone allowed a minimization of technogenic carry-over of activity and a substantial decrease in the risk of wind transport.

In addition, studies of radionuclide contamination of the Dnieper cascade water storages made it possible to evaluate a hazard of their further contamination due to radionuclide carry-over from the alienation zone and propose some solutions to the problem which could allow for different operations of water storages and somewhat reduce detrimental effects.

To carry on the work for elimination of the Chernobyl disaster effects it is necessary to keep a detailed account of specific features of the alienation zone natural conditions. Among these are, first of all, landscapes of the territories which predetermine possibilities of activity carry-over by water, wind or infiltration.

An analysis of the landscapes for possible migration of radionuclides within a 10 km-radius zone shows that the most intensive surface runoff (minimal losses for infiltration) is observed in the treeless sectors of the Chistogalov moraine ridge. Then in decreasing order follow treeless areas of low moraine aquaglacial plain, forested parts of moraine ridge and leveled superfloodplain terraces.

Territories of intensive carry-over within the "nearby" zone account for 3.6% of the total area accumulating about 1.5% of Cs-137 and 3.6% of Sr-90 reserves. The regions of heavy infiltration make up about 16% of the area containing no more than 9% of

radiocaesium and 13% of Sr-90. To assess a potential hazard of ground water contamination in the regions of high infiltration studies were carried out into holding capacity of the aeration zone represented by the rocks of the middle and upper parts of the Quaternary system and modern Quaternary deposits.

Experiments for estimation of dynamic capacitance of soil and ground in the ChNPP "nearby" zone have shown that this value can be estimated at up to $1 \cdot 10^{-7}$ Ci/dm³ for Sr-90 and $3 \cdot 10^6$ Ci/dm³ for Cs-137. Relatively high values of absorbing capacity obtained predominantly for sandy soils are explained by the presence of finely dispersed clay fraction a total content of which in the samples amounted to 5%. Besides, for assessment of soil and ground protective properties one should take into account not only sorption capacity but the presence of fast migration paths. The actual data on the ground water contamination within the "nearby" zone ($n \cdot 10^6$ Ci/l for Cs-137 and Sr-90) can bear witness to their leading role in contamination of the underground hydrosphere.

Studies of hydrogeological conditions in the ChNPP 10 km-radius zone demonstrated that maximum mean feed of ground water within the industrial zone was 180 mm according to lysimetric data. This region is characterized by a high water saturation and active interaction of surface and ground waters. According to the feed and drainage conditions, washing degree of water-containing layers and chemical composition of ground water this territory belongs to the active water exchange zone.

An analysis of the ground water condition in the first water-bearing horizon of Quaternary deposits shows that by the end of the 5th post-accident year Sr-90 and Cs-137 are present in the ground water of the 10 km-radius zone in ecologically significant amounts exceeding sometimes permissible concentration for Sr-90 ($4 \cdot 10^6$ Ci/l). Radionuclide concentration in water in observation holes of radioactive waste burial points does not differ so far from that of ground water of the most contaminated areas of the zone. Ground water of radioactive waste temporary localization point "Ryzhy Les" (Red Forest) has a rather high radionuclide content of which Sr-90 and Pu isotopes cause serious alarm, this being explained by the presence of acid medium in the contact zone of putrefying wood and complex formation.

At present, the influx of radionuclides with underground runoff into rivers and lakes of the eviction zone is lower than that with surface runoff, however in the course of time the role of radionuclide underground migration will be more important.

Studies of wind lift transport and fallout of radionuclides within the ChNPP 30 km-radius zone point to the fact that during the time that elapsed since the accident the radionuclide content in the air has considerably decreased and radioactive aerosol emission into the atmosphere therewith has stabilized under the effect of natural wind lift, this being determined by stopping of active economic activity and recovery of vegetation in the areas of active technogenesis.

Wind lift and transport of radionuclides seems to be the least significant of all natural risk factors, especially in the future when all territory of the zone will be covered with stable vegetation.

But it should be noted that a hazard of wind lift of nuclides drastically increases with a minor technogenic intervention in the ecosystem. The experience of industrial activity in the zone, though aimed exclusively at elimination of the accident effects, conclusively points to possibility of deterioration of radiological situation in such cases due to stimulation of nuclide wind lift.

Studies carried out on the biota condition under intensive radioactive contamination of the ChNPP "nearby" zone show that a redistribution of activity has taken place in the large tracts of forest as compared to the first post-accident year: if in 1986 phytomass of coniferous forests contained 18.5% of Cs-137 and 6.7% of Sr-90, in 1990 phytomass contained only 0.9% of activity. Consider, also, that 25% of fallout migrated to the soil upper layer from the underlayer. Since 1988 root supply of radionuclides to phytomass has been observed. So, by now a surface distribution of activity in the root-carrying layer is a major factor determining the radiological situation.

An analysis of efficiency of nature protection and decontamination measures carried out in the post-accident period demonstrated that this work was performed in the absence of required data on the forms of occurrence of radionuclides. As an analog for performance of this work, use was made of the 1957 accident at "Mayak"

Integrated Works in Chelyabinsk when a large amount of radionuclides were released into the atmosphere in ion form. Based on the experience gained during elimination of the Chelyabinsk accident the main sources of radionuclide release into water were determined by specialists and appropriate work was done, such as building of a "wall in ground", drainage screens around the cooling pond and site, building of blank and filtering dams on rivers, bottom traps on the Pripyat river and Kiev water storage, etc. However, due to the fact that the form of radionuclide occurrence during the Chernobyl release was different, all measures taken proved to be practically of no effect. Along with aerosol fallout in 1986, a major source of radionuclide penetration into reservoirs was a wash-off from vast contaminated territories which could not be reduced by engineering measures.

Decontamination measures were one of the most large-scale and labor-intensive operations in elimination of the accident effects at the ChNPP. Decontamination of populated areas both within and outside the 30 km-radius zone was a substantial part of it. From the report of a member of the USSR Civil Defence HQ at a meeting devoted to decontamination problems (Zeleny Mys, May 25, 1991) it follows that in this work for decontamination of 700 populated areas carried on for 4 years 120 thousand people were engaged with a total dose burden of 1.5 mill.man.rem. About 1.5 billion roubles were spent for this work. But in spite of obviously low efficiency even at the initial stage, this work still had been going on until 199 .

Low efficiency of decontamination work performed within and outside the 30 km-radius zone is to a large measure explained by an underestimate of the scale and effects of the accident at the ChNPP, neglecting the regularities of radionuclide migration in the environment and also by a lack of understanding the strategy of activity for elimination of the accident effects which primarily was aimed at maintaining the ChNPP in operational state and at providing living conditions to inhabitants of contaminated areas. Besides, involvement in decontamination operations of the Army personnel, unskilled in this job, resulted in substantial irradiation of people. Low efficiency of desactivation work was also determined by low labor culture, poor industrial discipline and a lack of control over quality of the work, inadequate stan-

ard of technical equipment and also complete absence of a basis which would legally stipulate a responsibility for damage to human health (a Law of the USSR on the legal status of citizens who suffered from the ChNPP accident was adopted only five years after the disaster).

Decontamination activities in the alienation zone were continued by the development of a group of facilities known by the name name "Vector".

An analysis of efficiency of the planned technologies shows that the proposed concept of temporary storage of radioactive wastes followed by entombment thereof in a regional burial is unjustified since removal of low activity wastes 1.5 mill. cu. m in volume from the alienation zone does not seem to be good practice inasmuch as the territory of the 10 km-radius zone will still retain 80 to 85% of radioactive wastes lying on the ground. In case of re-burying solid radioactive waste on the "Vector"'s site it would be necessary to make separate storage of low and medium activity wastes with subsequent monolything the storage places. The low activity solid wastes must be made monolythic by cement grouting while medium activity ones need bituminous grouting. Only in this case radioactive waste storages will meet necessary requirements. In the event of waste cement grouting their guaranteed storage is estimated at 10^3 years while with bituminous grouting the storage period is guaranteed to last 10^5 years. Otherwise, inevitable concentrated leaks of activity from the burial places will result in contamination of ground waters. As an alternative to the waste burying technologies, monolything of wastes on site - in the place of their localization - can be suggested. The "nearby" zone of the ChNPP has about 600 burial sites. These could be made monolythic on site making use of water glass (this technology is widely used in construction for strengthening building foundations) or vitrified using electric arc equipment.

Major American research centers successfully develop and apply technologies involving vitrification of contaminated spaces on the site of burial using movable electric arc plants and also by building efficient ceilings preventing surface water from infiltration to the burial using therewith capillary stop technologies. These technologies deserve more thorough study with account

of the Soviet experience in carrying out nature protection measures in the ChNPP zone.

Radioactive waste burial sites in the 5 km-radius zone of the ChNPP are arranged according to an area-wise pattern: radionuclide stock in the points of radioactive waste temporary localization where medium and low activity wastes are stored is comparable to the amount of radionuclides on the ground surface of the same area (high active wastes are excluded from consideration in accordance with the "Vector"'s status). Moreover, a major part of radionuclides, according to inventory forms, is associated with metal and concrete. These materials, as specified in the feasibility study, are not supposed to be processed at the "Vector" but directly re-buried. So, the extent of the "Vector"'s effect on the radiation situation in the "nearby" zone seems not to be significant even in case of reclaiming those radioactive wastes which could be processed using proposed technologies. In so doing, no more than 15 to 20% of activity will be removed from the "nearby" zone. Therefore, "Vector" is hardly able to bring about crucial improvement of the radioecological situation in the alienation zone. Account must also be taken of the impossibility of complete removal of wastes from the temporary burial sites and undesirable destruction of the vegetation cover that has been developed after the accident.

The presented evidence suggests that the "Vector" complex is basically incapable of removing mobile forms of radionuclides, and particularly Sr-90, that have already found their way into the ground and soil with porous solutions which are still firmly held on temporarily buried materials. Since real removal half-time for Sr-90 from hot micron-size particles is within 5 to 10 years, it can be assumed that already about 30% of all Sr-90 is now beyond control in the environment as mobile forms. So, reburial of low and medium active radioactive wastes is inefficient even now, and with each coming year the efficiency of this measure will decline. According to the "Vector"'s feasibility study, subject to burial are radioactive wastes containing 20% of Sr-90 stock. If a program for isolation of these wastes is accomplished in 1996, only 5% of Sr-90 stock will be prevented from penetration to the aeration zone.

From the above it is inferred that with the delays in construction of the "Vector" complex the large-scale activity for area-wise desactivation and particularly re-burial of radioactive wastes from temporary localization points make no sense. It seems that the

technologies of this complex should be oriented to the technology of medium activity waste localization and, moreover, its activity should be aimed at development of new generation machines and mechanisms required for man-free work with high activity wastes. Primary emphasis seems to be placed on the development of mobile mechanization facilities for removal of local radioactive spots in the relatively clean areas where industrial activity is still possible without any limitations. It seems inadmissible to plan development of the "Vector" plants intended for treatment of the contaminated forest underlayer which could be formed as a result of forest decontamination. Such kind of decontamination, even though it is practicable from the technical point of view, involves destruction of grass and bush cover and disturbance of the upper root-carrying layer with a partial loss of rough humus, and this can cause destruction of the forest ecosystem habitat, especially under conditions of woodland turf and podsol ground weak and poor in humus.

From the experience of work for elimination of the ChNPP accident effects it follows that the decontamination measures that have been carried out are subdivided into a multitude of submeasures pursuing different objectives and frequently inconsistent with each other. In accomplishment of this task one can avoid serious mistakes and undesirable consequences if following some guidelines stemming from the main task of the work being done: minimizing the collective doze of population that suffered from the accident.

A major goal of measures taken in the area of a large-scale accident (such as Chernobyl one) accompanied by a significant release of radioactive substances into environment should be an all-round improvement of the radiological situation and preventing radionuclides from migration in all media at the cost of minimum doses.

Analyzing ecological outcomes and efficiency of measures, both already taken and being planned, in the ChNPP area one can formulate the following basic requirements:

1. Countermeasures carried out in one area should not have conflicting goals.

2. No deterioration can be tolerated in the initial parameters of the radioactive contamination field, such as:

- movement of radionuclides from more to less heavily contaminated areas;
- transformation of radionuclides into mobile chemical forms;
- movement of radionuclides to more aggressive and migrationaly active media;
- drift of radionuclides to inaccessible and uncontrollable natural media.

3. Countermeasures accompanied by a disturbance of the ecosystem and natural terrain and geochemical barriers or by a damage to their radiocapacity and/or ability to self-recover are inadmissible.

Among the crucial problems determining the extent of a radioecological risk is the one involving surface contamination on the one hand, and temporary localization of radioactive wastes, on the other. Some assessments point out that the ecological risk associated with radioactive waste temporary localization points and waste burial points and the risk caused by surface contamination are very close in magnitude.

Based on the studies performed and a thorough analysis of the available materials, including those of the "Vector"'s feasibility study, the authors of the ecological study on feasibility of the project make it clear that:

I. Development of facilities for treatment of radioactive wastes in the alienation zone should have been expedient in the period of 1986-1987. Now their performance seems to be much lower. Therefore, main tasks of the "Vector" complex are suggested to be as follows:

- on-site preservation of burials;
- further decontamination of the site, most contaminated areas of high radioecological risk within and outside the alienation zone;
- experimental testing of technologies and equipment for decontamination needed for decommission of the ChNPP and making the SHELTER object ecologically safe;
- ecologically tolerable preparation of medium and high activity wastes, formed during elimination of the Chernobyl effects, for burying these in accordance with international standards;

- development of technologies and localization systems for movable forms of ecologically significant radionuclides accumulated in the environment, specific features of which and adoption should be determined and motivated proceeding from the principles of minimization of the ecological hazard that would threaten the alienation zone in the future, these projects are still to be realized;

2. Inasmuch as major activity of the "Vector" is being reoriented to the development of pilot projects, there is no need to withdraw it outside the alienation zone and remove the monolytic activity from more contaminated to less contaminated areas; location of its individual modules can be not only in the Chistogalov range (13 km away from the ChNPP) but immediately on the site.

3. The operating costs of the "Vector" complex should from the very beginning include funds for sufficient scientific support including radioecological work and advanced environment control system. All activities adversely affecting the nature, contributing to an increase of migrational capability of radionuclides, expanding their spread area should be stopped. For instance, re-burial of low activity wastes results only in material losses and rem expenditures without any tangible benefit. The further work in the alienation zone are to be determined by the adopted concept of maintaining and making it ecologically safe. In accordance with this concept the first priority measures to be taken in the alienation zone are as follows:

1. Development of a system of criteria required for decision-making as regards realization of the concept.

2. Division of the Zone into subzones with pursuance of research in particular areas.

3. Development of all-round monitoring system making provision for collection of information on conditions of objects, simulation of situations, forecast of changes in the object conditions and making managing decisions.

4. Development of an all-round program for additional measures to be taken for social protection of persons working within the Zone or those withdrawn from the Zone as a result of liquidation of enterprises.

5. A comprehensive analysis and elaboration of a long-term program of employment for dwellers of the town of Slavutich.

6. Measures for treatment of radioactive wastes, among them:

- making inventory and an analysis of the condition of radioactive waste temporary localization points and radioactive waste burial points in order to assess the degree of their ecological hazard;

- carrying out measures for upgrading the reliability of localizing barriers in the existing radioactive waste burial points and ensuring long-term storage of radioactive wastes in these points;

- accomplishing the project of stage I of the "Vector" complex with construction of storage and sorting sites for radioactive wastes including those of container-type; a set of equipment and materials decontamination systems, appropriate infrastructure to support operation of the object;

- development and approval of stage 2 of the "Vector" project with selection of equipment for treatment of radioactive waste tied in with the General Scheme of radioactive waste treatment in Ukraine.

7. Measures for conversion of the SHELTER object into an ecologically safe system, among them:

- elaboration of the feasibility study and a project for conversion of the SHELTER object into an ecologically safe system based on results of an international contest;

- elaboration of emergency measures for upgrading the reliability of the existing SHELTER object.

8. Decommissioning of the ChNPP, including:

- suspension of the ChNPP operation with accomplishment of phase I of the power unit change-over to nuclear-safe state;

- accomplishment of first-priority design work in compliance with the ChNPP decommissioning program.

9. Water protection measures, among them:

- drawing up the feasibility study for the cooling pond treatment with substantiation of the work program ensuring minimization of its ecological effect on the environment;

- drawing up the feasibility study for water protection measures with substantiation of their necessity in accordance with an expected contribution to a decline in the ecological hazard degree;

- carrying out first-priority measures for upgrading the reliability of notable water supply and waste-water disposal systems for the purpose of improving the personnel vital activity, for improvement of sanitary conditions at catering and water supply facilities, for removal of non-sanctioned dumping grounds, reclamation of pesticides.

10. A package of measures aimed at improvement of fire safety in the forestry including development of an artificial barrier system in the form of gaps and strip systems, furnishing the fire and chemical stations with appropriate equipment, updating the fire reservoirs, development of a surveillance and special communication system.

11. Establishment of an unified security area within the Zone territory with the existing elements being included and performance of appropriate repair and recovery work, development of a security alarm system and additional control points.

12. An all-round analysis of expediency and substantiation of the work being done in the Zone for the purpose of bringing it to agreement with this Concept.

13. Development of an Automated System of control over activities in the Zone with accomplishment of phase I.

14. Performance of first-priority work for development of infrastructure in the town of Chernobyl in compliance with the General Plan being worked out for maintenance and development of the town of Chernobyl.

Ecological Forecast for Alienation
Zone up to 2050

The area of the Zone's forest-covered territory will grow to 65-70%. Pine forests planted in the 50th and forming now a major part of large tracts of forest will pass into the category of prosperous and go through a substantial self-cleaning process. The areas of meadowed long fallows will considerably shrink and lose their compactness; long fallows will, to a great extent, give way to young and medium-age birch forests and groves. Bottomland meadows will also be gradually replaced by leaf-bearing forests. These changes will bring about the development of a stable and more fire-resistant vegetational cover.

As a result of self-destruction of amelioration systems and construction of dams by beavers the ground water level will be elevated; marshed areas will take up no less than 10 to 15% of the territory.

The areas of total decontamination will transform into dry meadows of forest-plantations.

The Zone's wild-life will stabilize as regards the population with a shift of species composition to forest inhabitants and increase in the number of predators. That is why sanitary and epidemiological control will be indispensable over carriers of rabbit-fever, rabies, deprospirosis; as to the pest - locust (observed in the Zone in 1987).

The density of surface radionuclide contamination as a whole will gradually decrease as a result of a vertical migration and more or less uniform distribution of radionuclides in the 10 to 30 cm thick surface layer of the ground and also as a result of radioactive decay; the levels of Cs-137 and Sr-90 contamination will decrease by 1-2 order, Pu-239 - by 3 to 10 times. The role of contamination surface transfer processes will significantly decline by virtue of development of the plant cover in all places. In the marshed areas, in the absence of intensive water runoff, vertical migration of radionuclides will predominate over their carryover.

During filtration of radionuclides through the aeration

zone the latter will realize its protective function relative to the ground water. A portion of radionuclide contamination in the aeration zone low rate areas will pass into ground water, the radionuclide concentrations in the ground water therewith will not reach critical levels. In the processes of radionuclide filtration and underground runoff concentration dilution will take place as well as compensation of the migration rate by the rate of radioactive decay with the result that the radionuclide concentration in the unloading areas and in river valleys will drop to minimum.

A process will proceed of gradual spreading of radionuclides in the environment from local sources, particularly from radioactive waste temporary localization points. However, the extent of landscape and geological medium radionuclide contamination will be primarily determined by the levels of area surface contamination and, to a lesser degree, by the effect of local contamination sources in the vicinity of which local zones of radionuclide high concentrations in ground waters seem to be developed.

In view of anticipated general weakening of processes of surface and underground radionuclide runoff into the Pripjat basin, no significant effect of the Zone's territory on the radiological situation in Ukraine is expected.

4. Progress of Work in the FY1993 on the Subject-1

Environmental Physics Laboratory
Department of Environmental safety Research
Japan Atomic Energy Research Institute

at

Second Steering Conference
of the Cooperative Research between CHECIR and JAERI
(Feb. 21-25, 1994 at Tokai and Tokyo, Japan)

1. Introduction

After the reactor accident at Chernobyl, the Chernobyl Center for International Research(CHECIR) has been established under an agreement among IAEA, Russia, Byelorussia and Ukraine in order to implement various studies on the reactor facilities and the environment near and around the reactor.

Based on the idea, JAERI has made discussions from the view point of study on assessment and analysis of environmental consequences in contaminated area. On June, 1992, JAERI and CHECIR concluded an agreement on the Implementation of Research at the Chernobyl Center for International Research(CHECIR). Under the agreement, JAERI has started "Study on Assessment and Analysis of Environmental Radiological Consequences and Verification of an Assessment System". This project is scheduled to last until 1995.

This study consists of following two subjects.

- Subject-1 : Study on Measurements and Evaluation of Environmental External Exposure after Nuclear Accident
- Subject-2 : Study on the Validation of Assessment Models in an Environmental Consequence Assessment Methodology for Nuclear Accidents

Subject-1 aims at establishment and verification of technical and theoretical methodology for evaluation of radiation dose to

the general public after nuclear accident through measurement and analysis of environmental radiation data obtained in the Chernobyl area. As the title shows, the main object of the subject-1 is external exposure. Therefore, most of the measurement are focused on gamma ray dose rate or gamma ray energy spectrum. For the purpose of this study, investigation and analysis of the environmental radiation field are under implementation.

In 1993, analysis of data obtained in Chernobyl area by the field survey in 1992 has been performed. Also the second field survey was carried out in September, 1993. This report mentions the field survey in 1993 and relating works.

2. Outline of the field survey

The items of the field survey study in 1993 are classified as follows.

- (1) study on evaluation of collective dose in Chernobyl area
- (2) study on radiation shielding effect of dwellings
- (3) radiation physics experiments at Novosyolki site
- (4) soil sampling at several points
- (5) others

The more detail of each item will be introduced below.

2.1 Study on evaluation of collective dose in Chernobyl area

This study aims at development and verification of collective dose evaluation method in case of emergency. It includes the following measurement and investigation.

- A. measurement of dose with Glass Dosimeters (in autumn and in winter)
40 inhabitants, 80 RIAP workers, 10 Kiev inhabitants
- B. enquete on life style and time use
- C. measurement of dose rate distribution in Kupavatoye with SWING and DBM (indoor and outdoor)
- D. 24 hour measurement with SWING

Actual data of inhabitants' cumulative dose in Chernobyl area are obtained from the investigation A. Drs. Sukhoruchkin and Rybalko assisted the measurement of glass dosimeters. Inhabitants' cumulative dose can be estimated from B and C, which shall be compared with the result of A. The methodology for evaluation of collective dose shall be verified from these results. Attempt to evaluate collective dose from inhabitants' life style and dose rate distribution of residential area has been made for natural radiation field. This method shall be applied to contaminated environment in this study. The measurement D was planned to chase the variation of dose rate according to personal daily activity.

Photo 1 shows the sight of measurement in a settlement. Fig.1 shows variation of dose rate due to human activity (place of stay). Two persons, one is a worker for RIAP (Research and Industrial Association "Pripyat", and the other a farmer living in Kupovatoye settlement, carried dose rate meter SWING with them or kept it at hand at all times for 24 hours continuously. Dose rates were measured and recorded by SWING every one minute. The upper figure shows the result for the RIAP worker who stayed mostly in a brick house or a wooden house in Chernobyl. He sometimes went out for meal at a canteen. The pattern of dose rate variation shows that the dose rate is high only when he is outside. The lower figure shows the result for the farmer. He stayed mostly inside his house. Only when he is in his back yard, the dose rate was high.

From this mode of measurement, information can be obtained about the relationship between dose rate and human activity or place of stay. In other words, cumulative dose can be estimated from information of life style (place of stay) and dose rate distribution in several places where people spend significant portion of their daily life time. Cumulative dose extracted from this approach shall be compared with the results from glass dosimeter measurement mentioned above for verification of the methodology.

2.2 Study on shielding effect of dwellings

This study aims at analysis of radiation shielding effect of dwellings (a wooden house and a brick house). It includes the following measurement and investigation.

- A. measurement of indoor and outdoor dose rate distribution with DBM and SWING
- B. measurement of gamma-ray spectra with NaI(Tl) and Ge detectors
- C. soil sampling
- D. measurement of beta-nuclides
- E. measurement of effective thickness of the walls
- F. comparison between H_E (effective dose equivalent) detector and DBM
- G. measurement of dose rate distribution in Kupavatoye with SWING and DBM (indoor and outdoor)

In order to analyze the radiation shielding effect of dwellings, indoor dose rates and outdoor dose rates were compared (mode-1). For this purpose, data obtained from the measurements A and G are used. Also, analysis using detailed measurement and Monte Carlo calculation will be made considering the structure of the house (mode-2). For this purpose, data obtained from measurements B, C, D and E are to be used. For obtaining actually measured data on effective dose equivalent in the environment, H_E detector and DBM were used.

Fig.2 shows an example of gamma ray dose rate distribution in and around a brick house in Chernobyl. It was measured with SWING and DBM. The sets of piled up three numbers represent the vertical profile of the dose rate, 150 cm, 100 cm and 30 cm above the ground from the top.

It is theoretically predicted that the dose rate decreases as the height above the ground increases, when the gamma ray source distributes planely on the ground surface. This result is consistent with the theoretical prediction.

The dose rates in the middle of the rooms ranged between 60 and 80 nGy/h, which was about 20 - 30 % of the corresponding outdoor dose rate. The reduction of dose rates is partly because the gamma ray shielding effect of the wall. The fact that the dose rates by the windows are generally higher than the middle of

the room suggests less shielding effect of windows than walls.

Fig.3 shows the relationship between indoor dose rate and the corresponding outdoor dose rate. The outdoor dose rate in Chernobyl, 300 - 400 nGy/h, were several times higher than that in Kupovatoye settlement, 100 - 150 nGy/h. On the other hand, the indoor dose rates did not differ so much. It ranged between 50 and 100 nGy/h for both Chernobyl and Kupovotoye.

2.3 Radiation physics experiments at Novosyolki site

This study aims at analysis of fundamental radiological characteristics of contaminated land. Terrace of Novosiolki was chosen as the experimental site, in which the terrain is fairly flat and grassy. It includes the following measurement and investigation.

- A. measurement of dose rate distribution with DBM and SWING
- B. measurement of horizontal and vertical distribution of gamma ray dose rate and spectra with NaI(Tl) and Ge detectors
- C. test of a measurement method of ^{137}Cs using a Pb shield
- D. soil sampling
- E. comparison between H_E detector and DBM

The dose rate distribution at the experimental site was seen by the data obtained from the measurement A. The dose rate at 1 m above the ground was about 350 nGy/h, which was fairly uniform on the grass in this area. However, it was about 200 nGy/h on the sand where the grass and the surface soil were peeled off, and 400 - 500 nGy/h in the forest. As the fundamental information, gamma ray pulse height spectra with a Ge spectrometer and a NaI(Tl) spectrometer were measured at several points 1 m above the ground in the site (meas. B).

It is mentioned above that the dose rate is theoretically predicted to decrease as the height above the ground increases when the gamma ray source distributes planely on the ground surface. In order to obtain actually measured data on vertical profile of the dose rate, gamma ray pulse height spectra were measured with a NaI(Tl) detector at several points from 20 cm deep under the ground up to 4 m above the ground.

Test of a measurement method of ^{137}Cs using a Pb shield, soil sampling and comparison measurement between HE detector and DBM were also carried out.

Fig.4 shows an in-situ gamma ray pulse height spectrum measured with a pure Ge spectrometer at Novosiolki site. The most dominant radionuclide was Cs-137 . In addition, several anthropogenic radionuclides such as Cs-134 , Eu-154 , Co-60 were observed, which are not seen in usual environment.

Fig.5 shows the vertical profile of the dose rate above the ground and inside a hole under the ground. It was measured by a NaI(Tl) scintillation detector. Measurements were made at two points on an open ground and one point in a forest at Novosiolki site. Note that the scale of the abscissa is different between below zero meter and above zero meter. The shapes of the vertical profile above the ground for the two points on the open ground were similar, while that for the point in the forest was different. Vertical profiles for plane source at 0 cm and at 0.5 cm depth under the ground drawn from theoretical calculation by Monte Carlo method are also shown in the figure. Seeing these profiles, the gamma ray source for the two points on open ground seems to be effectively in between 0 and 0.5 cm depth under the ground.

2.4 Soil sampling

This study aims at characterize the distribution of radionuclides deposited on the ground surface. Soil samples were taken at gardens of the wooden house and the brick house in Chernobyl, at Novosyolki, at Otashev and others. They are under analysis.

2.5 Others

Carborne survey was planned to be carried out. However, the car for the carbonesurvey was not arranged till September of 1993 unexpectedly. Therefore, only a check of the carborne survey system with SWING/DBM and GPS (Global Positioning System) was performed. It is expected that the car is available in

March of 1994. The test of carborne survey shall be carried out at that time.

3. Conclusion

Field survey study in 1993 and relating data were introduced. A number of data which cannot be obtained in Japan were obtained through the field work. It will be used for establishment and verification of technical and theoretical methodology for evaluation of radiation dose to the general public after a nuclear accident. This study shall last till 1995. In 1994, measurements and investigation listed below are planned to be implemented.

- measurement of inhabitants' cumulative dose using glass dosimeters
- survey of dose rate distribution in residential area
- carborne survey
- experiment on shielding effect of dwellings
- others



Photo 1 Sight of measurement in a settlement house.

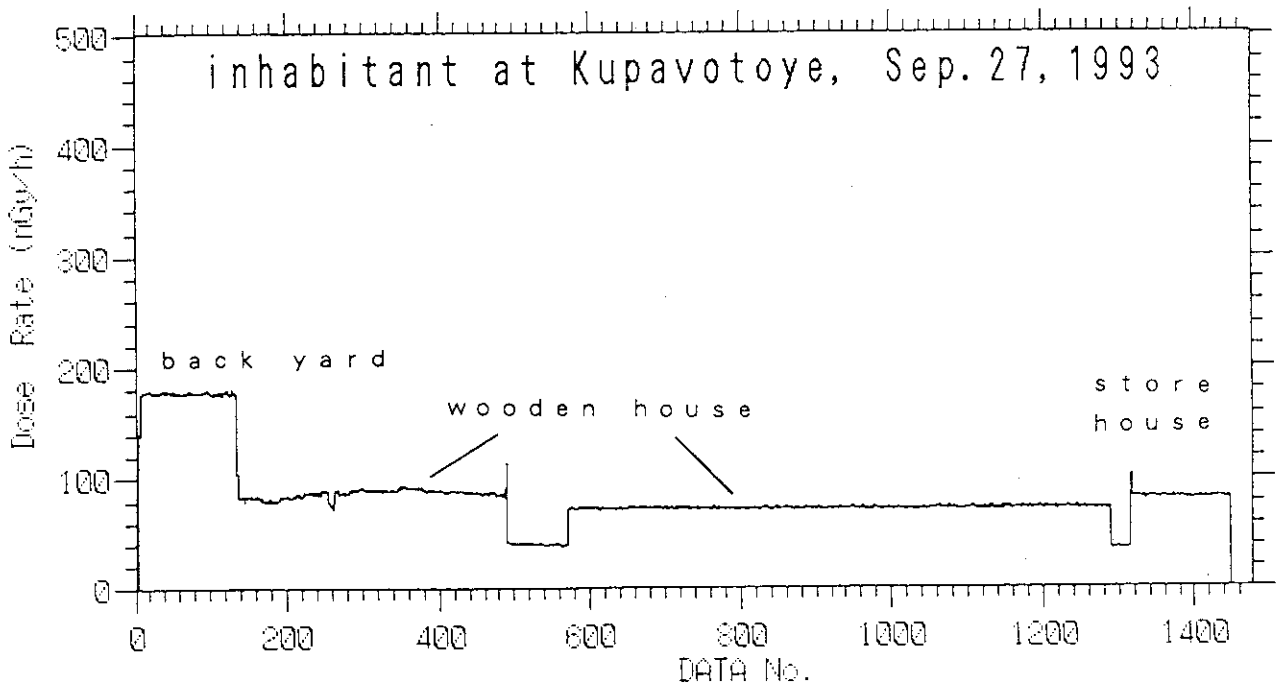
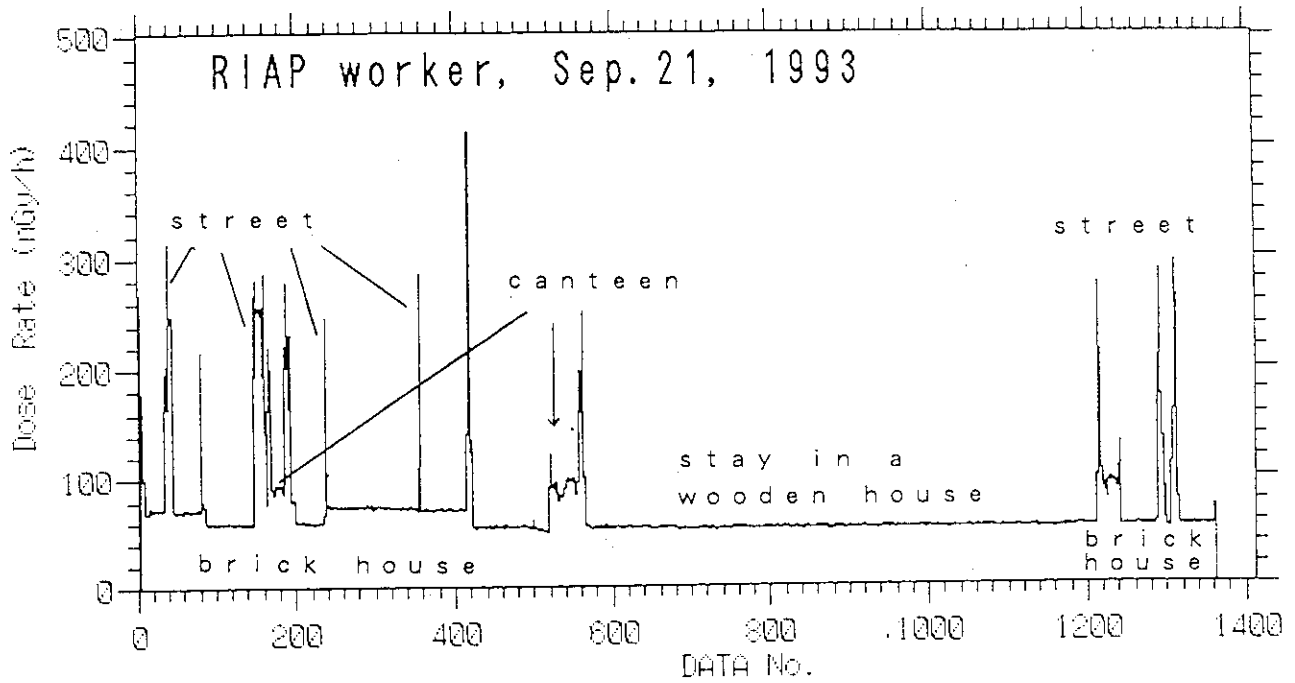


Fig. 1 Variation of dose due to human activity.
upper ; RIAP worker, lower ; farmer

Dose rate distribution in a brick house
(DBM-3", Sep. 20, 21, 1993)

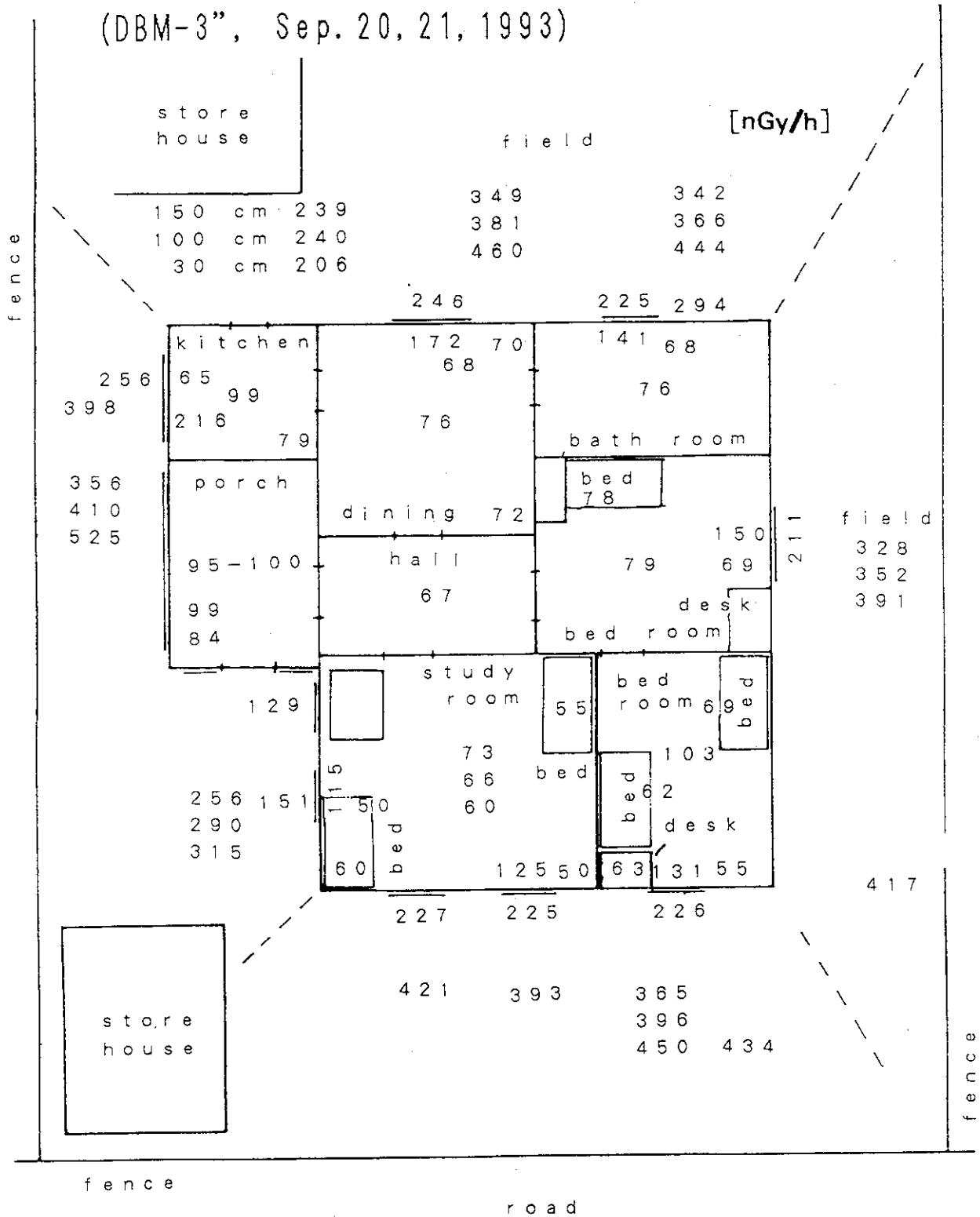


Fig. 2 Gamma ray dose rate in and around a brick house in Chernobyl.

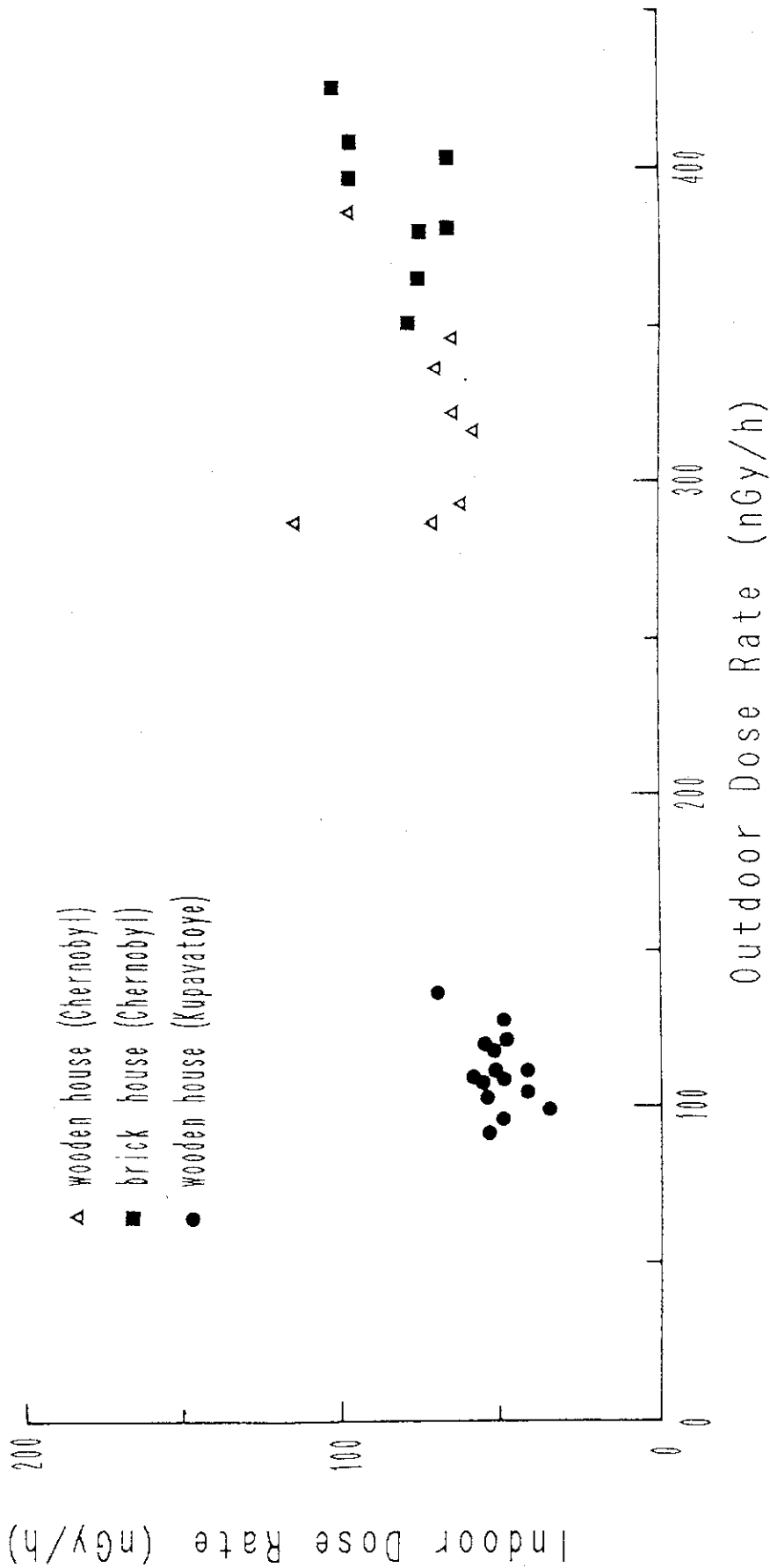


Fig. 3 Relationship between indoor dose rate and outdoor dose rate.

Ge9229: Novosyolki P-2 ACQ AT 10:30:00 10/06/92

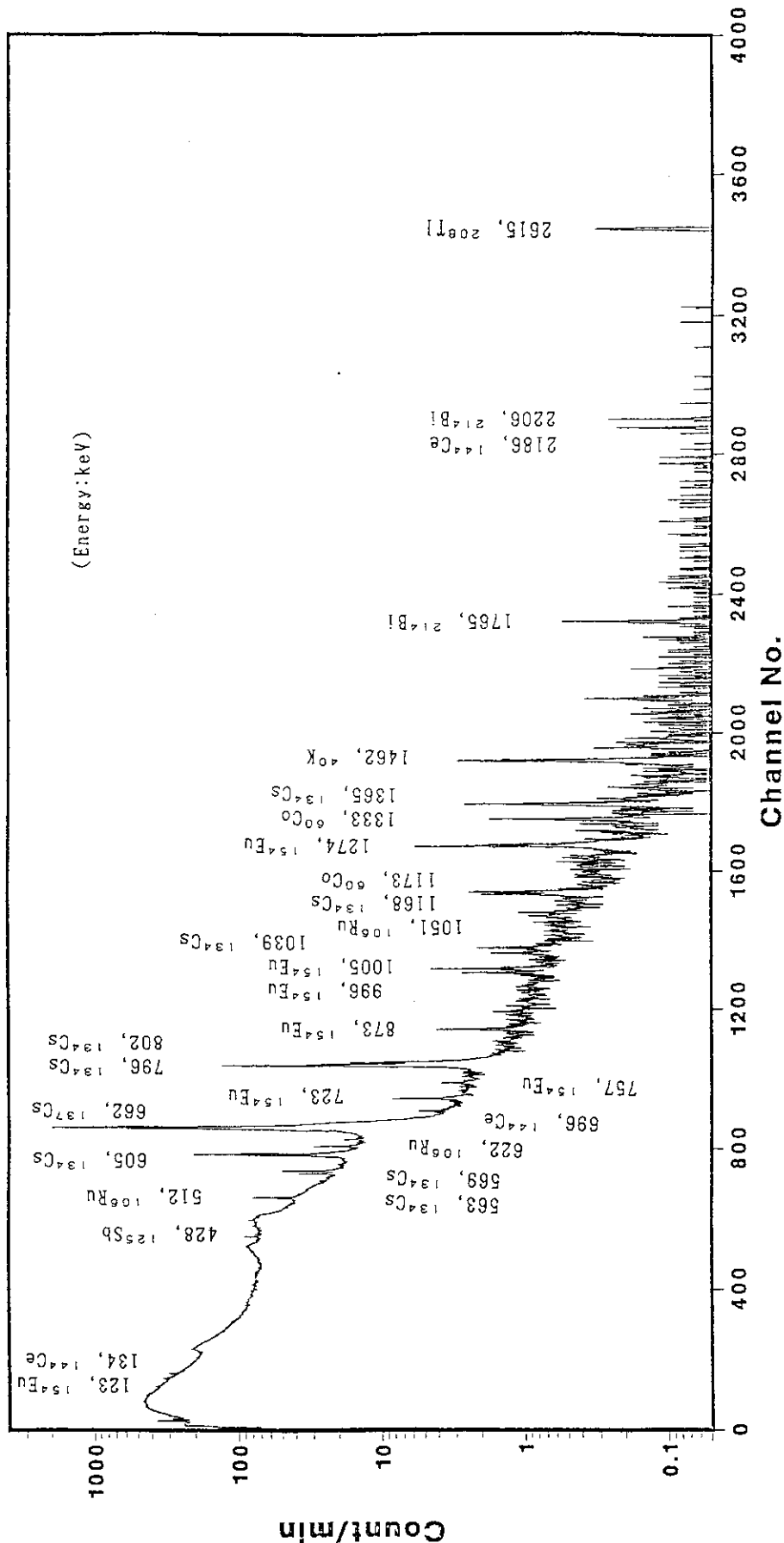


Fig. 4 In-situ gamma ray pulse height spectrum measured with a pure Ge spectrometer at Novosyolki.

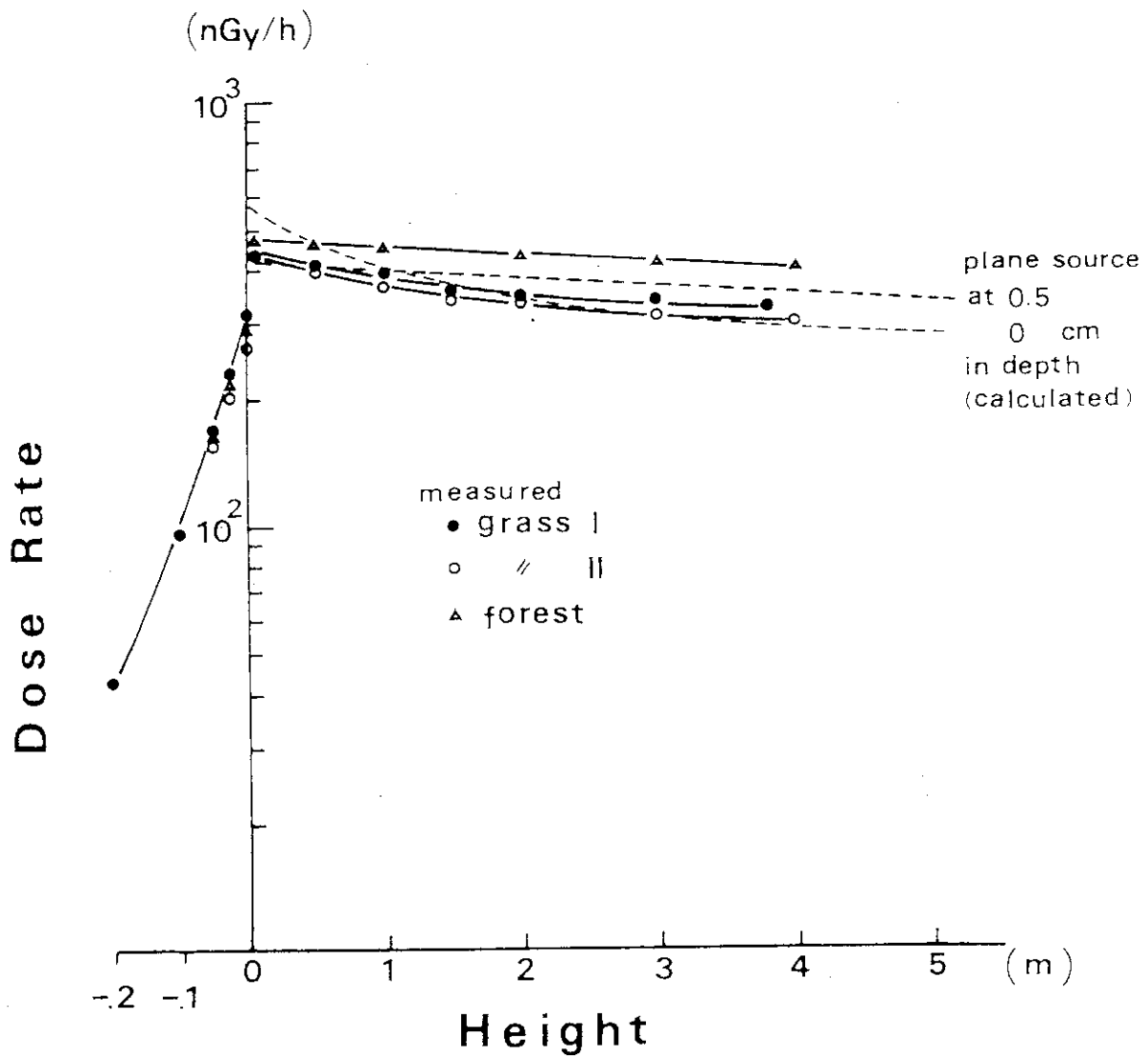


Fig. 5 Vertical profile of the dose rate above the ground and inside a hole under the ground

5. Progress of Work in the FY1993 on the Subject-2

1. Introduction

Concerning the Subject-2: "Study on the Validation of Assessment Models used in an Environmental Consequence Assessment Methodology for Nuclear Accidents", this document describes progress of work in the Fiscal Year 1993 (from April of 1993 to February of 1994) and a working plan for the remaining period of the Fiscal Year 1993 (from February to March, 1994). Summaries of the progress are given in Appendix I. These are copies of OHPs which were used for the presentation at the second steering conference.

The progress of work carried out by JAERI in the FY 1993 are:

- (1) Analysis of data handed over from CHECIR, and
- (2) Development of data bases.

In the remaining period of the FY 1993, Dr. Ponomarev of CHECIR will visit JAERI to work with scientists of JAERI from 5th to 19th of March, 1994. We will carry out analysis of data, development of data bases and, if possible, calculations by using the OSCAAR code system.

2. Data to be prepared for the Subject-2

Various kinds of data must be prepared for the implementation of the Subject-2. These are:

- (1) Site-specific input data for OSCAAR
 - a) Source terms
 - b) Meteorological data
 - c) Topographic data
 - d) Demographic data
 - e) Agricultural data
 - f) Protective measure information
- (2) Data for comparisons to model predictions
 - a) Ground-level concentration of radionuclides in the air
 - b) Soil contamination with radionuclides
 - c) Gamma ray dose rates
 - d) Feed and food contamination with radionuclides
 - e) Body and thyroid contents of radionuclides

So far, the following data have been handed over from CHECIR to JAERI.

- i) Source terms,
- ii) Meteorological data,
- iii) Topographic data,
- iv) Layer-to-layer spectrometry analysis of soil samples, and
- v) Gamma ray dose rates.

Some of these data were installed into a data base management system, and

the data were analyzed in order to confirm whether these data can be used for the Subject-2.

3. Analysis of data handed over from CHECIR

(1) Site-specific input data for OSCAAR

a) Source terms

Data of source terms were sent by E-mail from Drs. Rybalko and Ponomarev on December 4, 1993. The data include: radionuclide composition of the core at the time of the accident, dynamics of the release and trace shaping during the accident, total radioactivity and radionuclide composition of the release, dose rates and the amount of fallout in several locations at the accident, ratio of radionuclide activity to Zr-95 activity in the release, height of the release, and wind directions at the accident. Unfortunately, all of tables and figures included in the E-mail cannot be read.

b) Meteorological data

Data lists of meteorological data were sent by a worldwide express mail (DHL) from Drs. Pokutny and Ponomarev on November 5, 1993. Several data bases were also sent by E-mail from Drs. Rybalko, Ponomarev, Khodorovski and Proskura in November and December, 1993. The data were routinely measured at six meteorological stations around the Chernobyl reactor by a national organization. Indications stored in the data bases are: date and time, temperature in air and soil, cloud amount of upper and lower layers, wind velocity, wind direction, precipitation, and absolute moisture. The data were measured every three hours from 0 hour, April 26 until 21 hour, June 30, 1986. Those data do not include the direct information on atmospheric stability. A scientist of JAERI is now considering the way of determining the atmospheric stability class with data of wind speed and cloud cover.

c) Topographic data

Three maps of the 30 km zone were handed over by Drs. Proskura and Ponomarev in March, 1993. These are one original map printed in Russian and two maps drawn in English by a X-Y plotter. The two maps drawn in English are those with and without measuring points of soil samples. Two kinds of data bases, stored in a diskette, for printing out the maps drawn by a X-Y plotter were also handed over by Dr. Ponomarev in March, 1993. One is a DWG format for drawing presentation of the AutoCAD system, and the other is a DXF format for graphic information exchange.

There is no AutoCAD system in JAERI. Therefore, an attempt was done to analyze the topographic data by using a graphic software of DESIGNER, which can treat with the data of a DXF format. At first, the data could not be imported into this software. Mr. Taniguchi of TAISEI Corporation helped to re-produce

a file of a DXF format by the AutoCAD system which he has. Finally we succeeded in the importation of the new file into DESIGNER.

(2) Data for comparisons to model predictions

a) Layer-to-layer spectrometry analysis of soil samples

A data base, stored in a diskette, for layer-to-layer spectrometry analysis of soil samples was handed over by Dr. Rybalko in October, 1992. The data base consists of 4716 records and has 24292 measurements in all. Indications stored in the data base are: the number of measuring points, the number of soil layers, dates of measurements, coordinates X and Y of measuring points, radioactivity, and errors in radioactivity. Radionuclides which were detected in the measurements are: Co-60, Ru-106, Ag-110, Sb-125, Cs-134, Cs-137, Ce-144, Eu-154 and Eu-155. The data for five soil layers were measured at 315 points within the 30 km zone on 1st of December, 1990.

The data were analyzed and printed out by using a graphic software of DeltaGraph Professional v2.0.2. In using this software at a Macintosh computer, a dBASE-III format of the data base had to be converted to a text one. Preliminary results of this analysis have been handed over to several persons at CHECIR in March, 1993.

b) Gamma ray dose rates

A data base, stored in a diskette, for gamma ray dose rates was handed over by Dr. Ponomarev in March, 1993. The data base consists of 1235 records but the data base has not completed yet. Indications stored in the data base are: dates of measurements, gamma ray dose rates, Russian and English names of measuring points, coordinates X and Y of measuring points. Gamma ray dose rates were measured at thirty points within the 30 km zone between 25th of May, 1986 and 22nd of August, 1987.

(3) Others

Four materials written in Russian were handed over by Drs. Proskura, Rybalko and Koval. The translation of these materials into Japanese was entrusted to JICST (The Japan Information Center of Science and Technology). The translation was completed on 9th of February, 1994. Unfortunately, one of the materials, which is considered to be important, was impossible to translate because of the bad copy condition. The data included in these materials will be analyzed during the remaining period of the FY 1993 in cooperation with Dr. Ponomarev who will visit JAERI in March, 1994.

4. Development of data bases

Among the data handed over from CHECIR to JAERI so far, the following data were installed into a data base management system (DBMS) which was developed

in the FY 1992.

- i) Topographic data,
- ii) Layer-to-layer spectrometry analysis of soil samples, and
- iii) Gamma ray dose rates.

As written in the above section, the data stored in these data bases were analyzed by using the DBMS in order to examine whether these data can be used for the Subject-2. The DBMS and application software, which were developed in the DOS/V machine of JAERI, could be also verified through the analysis of data handed over from CHECIR. JAERI sent questionnaire on the data to CHECIR and was given answers from Dr. Ponomarev.

5. Working plan for the remaining period of the FY 1993

Dr. Ponomarev will visit JAERI to work with scientists of JAERI from 5th to 19th of March, 1994. We will install the data he brings and carry out the analysis of data. JAERI has tried to contact several times with Dr. Ponomarev by fax and E-mail to discuss the details of our work. However, this has not succeeded yet because of the bad condition of communication systems between CHECIR and JAERI.

The following tasks are to be done with respect to dose calculations using the OSCAAR code system.

- i) Analysis of dynamics of radionuclide releases
- ii) Analysis of the heating energy and resultant plume rise of releases
- iii) Preparation of a surface meteorological data file in OSCAAR system
- iv) Preparation of an upper air meteorological data file in OSCAAR system
- v) Preparation of population and agricultural distribution data files in OSCAAR system

Working Plan for the FY 1994 on the Subject-2

1. Introduction

This document describes a working plan for the Fiscal Year 1994 (from April of 1994 to March of 1995) on the Subject-2. Summaries of the working plan are given in Appendix II. These are copies of OHPs which were used for the presentation at the second steering conference.

As explained in the progress of work in the FY 1993, various kinds of data must be prepared for the implementation of the Subject-2. Among them, the following data have not been available yet.

(1) Site-specific input data for OSCAAR

- a) Topographic data
 - Use of land in the 30 km zone
- b) Demographic data
 - Distribution of population in the 30 km zone
(if possible, distribution in the former USSR)
 - Consumption rates of each foodstuff
- c) Agricultural data
 - Distribution of food production in the 30 km zone
(if possible, distribution in the former USSR)
 - Average farming practice for each foodstuff
 - Distribution of land area on which crops are grown in the 30 km zone
 - Distribution of the number of cattle in the 30 km zone
 - Delay time between harvest or collection and consumption
- d) Protective measure information
 - Evacuation and sheltering
 - Impoundment of contaminated foodstuffs
 - Land interdiction

(2) Data for comparisons to model predictions

- a) Data for the Task I
 - Several sets of the following data which were temporally measured at the same location after the accident
 - Soil contamination with radionuclides
 - Gamma ray dose rates
 - Feed and food contamination with radionuclides
 - Body and thyroid contents of radionuclides

Because the availability of the data was insufficient for the implementation of the Subject-2, dose calculations by using the OSCAAR code system have not been started yet.

2. Working Plan for the FY 1994

Also in the FY 1994, JAERI will continue to make great efforts to obtain the above data for the Subject-2. If sufficient data are available, dose calculations by using the OSCAAR code system will be performed in the future.

Considering the availability of the data handed over from CHECIR to JAERI so far, there is a possibility that the following two tasks on model validation can be carried out in the FY 1994.

(1) Environmental contamination in the early stage
(Task II of the Subject-2 in the Agreement)

The main input data for this task are the amount of releases of radionuclides (source terms) during the accident at Chernobyl. The aim of this task is to predict environmental contamination with radionuclides (especially, Cs-137) around Chernobyl in the early stage from the source term information by using atmospheric dispersion and deposition models. Measured data of radionuclide concentrations in soil (if possible, air concentrations and gamma ray dose rates) will be used to evaluate the performance of model predictions. To successfully perform this task, the additional data are needed for spatial and temporal distributions of air concentration and deposition of radionuclides in the former USSR.

(2) Migration of radionuclides into soil

The aim of this task is to predict migration of radionuclides into soil. This task starts with measured data of radionuclide deposition onto the ground. The comparison between model predictions and measurements of layer-to-layer concentrations of radionuclides in soil samples will be made to evaluate the performance of a model for predicting migration of radionuclides into soil. The following data will be additionally needed to carry out this task.

- a) Precipitation and evaporation
 - Measurements around the Chernobyl site
 - Monthly averaged data from the accident up to now
- b) Soil contamination with radionuclides
 - Spatial distributions of the data in the 30 km zone
 - Same kind of data but measured in 1991

ANNEX

Summary of

Progress of Work in the FY 1993 on the subject-2

(OHP figures for oral presentation)

Progress of Work in the FY 1993

Title of the project

Subject-2; Study on the Validation of Assessment Models
used in an Environmental Consequence Assessment
Methodology for Nuclear Accidents

Progress of work

- From April of 1993 to February of 1994
 - Analysis of data handed over from CHECIR
 - Development of data bases
- From February to March, 1994
 - Visit of Dr. Ponomarev to JAERI in March 5-19, 1994
 - Analysis of data, development of data bases,
if possible, calculations by the OSCAAR code system

Data to be Prepared for the Subject-2

Site-specific input data for OSCAAR

- Source terms (+)
- Meteorological data (+)
- Topographic data (+)
- Demographic data
- Agricultural data
- Protective measure information

Data for comparisons to model predictions

- Ground-level concentration of radionuclides in the air
- Soil contamination with radionuclides (+)
- Gamma ray dose rates (+)
- Feed and food contamination with radionuclides
- Body and thyroid contents of radionuclides

Analysis of Data Handed over from CHECIR (1)

Source terms

- Radionuclide composition of the core at the accident
- Dynamics of the release during the accident
- Total radioactivity and nuclide composition of the release
- Other information

Meteorological data

- Kind; Routine measurements by a national organization
- 7 indications; Date and time, Temperature in air and soil, Cloud amount of upper and lower layers, Wind velocity, Wind direction, Precipitation, Absolute moisture
- Contents; Every 3 hours from April 26 until June 30, 1986, 6 meteorological stations around Chernobyl

Analysis of Data Handed over from CHECIR (2)

Topographic data

- 3 maps of the 30 km zone
 - 1 original map printed in Russian
 - 2 maps drawn in English by a X-Y plotter with and without measuring points of soil samples
- 2 data bases for a X-Y plotter
 - DWG format (for drawing presentation of AutoCAD)
 - DXF format (for graphic information exchange)

Analysis of data

- Graphic software; DESIGNER
- Re-production of a file of a DXF format
 - AutoCAD system of TAISEI Corporation

Analysis of Data Handed over from CHECIR (3)

Layer-to-layer spectrometry analysis of soil samples

- Volume; 4716 records and 24292 measurements
- 7 indications; Number of measuring point, Number of soil layer, Date of measurement, Coordinates X and Y, Radioactivity, Error in radioactivity
- 9 radionuclides; ^{60}Co , ^{106}Ru , ^{110}Ag , ^{125}Sb , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{144}Ce , ^{154}Eu , ^{155}Eu
- Contents; Data for 5 soil layers, 315 measuring points, Measured on December 1, 1990

Analysis of data

- Graphic software; DeltaGraph Professional v2.0.2 at a Macintosh computer
- Conversion of a file format
 - dBASE-III format → Text format

Analysis of Data Handed over from CHECIR (4)

Gamma ray dose rates

- Volume; 1235 records (not completed)
- 6 indications; Date of measurement, Gamma ray dose rate, Russian and English names of measuring point, Coordinates X and Y of measuring point
- Contents; Data at 30 points within the 30 km zone, 70 days (from May 25, 1986 to August 22, 1987)

Others

- 4 materials written in Russian
- Translation into Japanese
 - Entrusted to JICST and completed on February 9, 1994
 - Impossible to translate 1 important material
- Analysis of data with Dr. Ponomarev during his stay at JAERI

Development of Data Bases

Installation into DBMS

- Topographic data
- Layer-to-layer spectrometry analysis of soil samples
- Gamma ray dose rates

Working Plan for the Remaining period of the FY 1993

Visit of Dr. Ponomarev to JAERI

- From 5th to 19th of March, 1994
- Tasks on dose calculations by the OSCAAR code system
 - Analysis of dynamics of radionuclide release
 - Analysis of heating energy and plume rise
 - Preparation of a surface meteorological data file
 - Preparation of an upper air meteorological data file
 - Preparation of population and agricultural data

Appendix II

Summaries of

Working Plan for the FY 1994 on the Subject-2

Working Plan for the FY 1994 on the Subject-2

Insufficient data for the Subject-2

- Site-specific input data for OSCAAR
 - Use of land in the 30 km zone
 - Demographic data
 - Agricultural data
 - Protective measure information

- Data for comparisons to model predictions (Data for the Task I)
 - Soil contamination with radionuclides
 - Gamma ray dose rates
 - Feed and food contamination with radionuclides
 - Body and thyroid contents of radionuclides

Working Plan for the FY 1994

Acquisition of data

- Continuation of making great efforts to obtain the data for the Subject-2
- Dose calculations by the OSCAAR code system in the future if sufficient data are available

Possibility of tasks

- Consideration of the availability of the data handed over from CHECIR to JAERI so far
- Possibility of 2 tasks on model validation
 - Environmental contamination in the early stage
 - Migration of radionuclides into soil

Task on Model Validation (1)

Environmental contamination in the early stage

- Objective
 - Prediction of environmental contamination with radionuclides (especially, Cs-137) around Chernobyl in the early stage
- Model used
 - Atmospheric dispersion and deposition models
- Starting points (Input into computer codes)
 - Source term information and meteorological data
- End points (Comparison with observations)
 - Radionuclide concentrations in soil (if possible, air concentrations and gamma ray dose rates)
- Additional data required
 - Air concentration and deposition in the former USSR

Task on Model Validation (2)

Migration of radionuclides into soil

- Objective
 - Prediction of migration of radionuclides into soil
- Model used
 - Model for predicting migration of radionuclides into soil
- Starting points (Input into computer codes)
 - Radionuclide deposition onto the ground
- End points (Comparison with observations)
 - Layer-to-layer concentrations of radionuclides in soil
- Additional data required
 - Monthly averaged precipitation and evaporation
 - Soil contamination with radionuclides measured in 1991

APPENDIX 1

Record of the lectures in Tokai establishment, 22th, Feb., 1994 (in Japanese)

(東海研究所における講演議事録、平成6年2月22日)

1. 物理、化学及び放射生態学研究の複合体としての放射線モニタリング；

S.I.Rybalko, CHECIR

2. チェルノブイル原子力発電所から30km圏内の環境における放射線の状況、水系；

A.K.Sukhoruchkin, CHECIR

3. チェルノブイル原子力発電所事故後の立ち入り制限区域内における放射線状況改善
対策の実施及び計画；

S.V.Kazakov, CHECIR

プリピャチ研究産業連合体及びチェルノブイリ国際研究センターから3人の研究者、Dr. リバルコ、Dr. シュホルスキー、Dr. カザコフの3名方をお迎え致しまして講演会を開催いたします。

1986年に起きましたチェルノブイリ原子炉事故から現在までの環境放射能安全研究、フィールド調査、対策の状況につきまして、研究の現状報告をしていただくことになりました。

3人はいずれもチェルノブイリ事故以来プリピャチ研究産業連合体に所属いたしまして事故後の環境対策研究に携わってこられた方々でございまして、これらの方々から直接研究の結果をあるいは状況報告をうかがうことは、大変大きな意義があるということでございます。

今日通訳をしてくださいますのは、菊月さんと言う方でございましてソ連邦の国公立ハイコール大学で物理学を専攻されたという方でございます。

通訳よろしく願いいたします。

それでは第1講演者でございますDr. リバルコの方から物理化学的放射性付帯学的研究の総体としての放射能モニタリングということで、よろしく願いいたします。

同じ仕事に携わる皆さん今日は

私は、現在チェルノブイリ原発事故後30kmの研究のために作られました国際研究センターを代表して今回こちらにまいっております。

今回、今日は、私は講演のなかで30km圏内の放射性モニタリングの組織の問題について少しお話をしたいと思います。

チェルノブイリ原発の事故の結果として汚染された地域で非常にユニークな放射能生態学的な練習場といえるものが形成されました。

この場所には、非常に複雑な汚染の状況が生まれております。

これは、物理化学的放射性核種及びその空間分布的な意味で、複雑な性格を持ったものであります。

放射性核種の分布は、事故の各段階の経過の条件に従って形成されております。

これはどういう条件かと言いますと、気象状況ですとか、事故直後の対策それからこの地域の地形学的な特徴その他の要件であります。

チェルノブイリ原発の事故を起こした4号炉の外への放射性核種の排出は、いくつかの段階を経て起こっております。

まず最初の事故の段階では、反応炉の破壊が起こりまして燃料の飛沫が爆発的に飛び散ったという状況があります。

それからまた、核分裂生成物を含んだ気体の雲状のものがまた飛散したという状況がございます。

また、その際に起こったのは、事故炉の西側の方に放射能汚染の痕跡が残りました。

その後には、3号炉、4号炉の屋根が火事になりまして、この火事が3時間半続きました。

その際に非常に高度に核分裂生成物質の気体状のものが四散致しました。

それと風の向きに従ってこの四散した物が雲の裳裾のような長い気流みたいな物になったんですが、それが風の向きによって北の方に広がっていきました。

そしてプリピャチ市ですとかベラルーシの南の地方それからそれに隣接したロシア共和国の各州を襲ってきまして、更にはスカンジナビア諸国にまで達しております。

その際には、セシウムですとかストロンチウムの各痕跡を各地に点々と残しております。

それに続く6日間にわたりまして空からの事故炉の炉心部分への不活性物質による密閉が行われました。

それによって徐々に核分裂生成物質の搬出は下がってまいりました。

風の向きが変わりましたのでこの核分裂生成物質の飛散の雲の動き等は、南のベロルシヤの南の地方それからブラウスク州、オルロスク州、コルスク州これは全部ロシア連邦ですけれども、こういった地方に移ってまいりました。この排出物の核種組成は照射済燃料の組成と非常に近いものがありました。

5月の2日から6日にかけては炉心の2次的な加熱が起こっております。

これは、摂氏2,000度まで達しました。

この原因としましては、残留熱とそれから熱排出、熱除去がうまく行かなかったということにあります。

この時期は、気体及び非常に細かく四方に強く飛び散る排出物、放射性核種の排出が非常に高まってきた時期であります。

この放射性核種を含む気体状の物質は、南の方に向かいまして、キエフ、モルダビア、元コーカサス地方それからバルカン地方まで達しました。

それから反応炉に含まれていた溶解した物質が漏れてしまった後、これは、リアクターの下の施設に漏れていったんですけれども、これが漏れてしまっただけで、リアクターの孔、穴の温度の低下が起きました。それに従いまして、大気への放射性物質の非常に強い排出と言うのが急激に弱まっております。

この時期は、5月の6日であります。

このように、10日間に渡る放射性物質の排出は、放射性不活性ガスを除いて50MCiに達しております。これは、事故直時の原子炉の放射性核種の総量の3.5%に当たります。

おおよそそのところ次のようなことが言えるかと思えます。

つまり環境中に放出されたのは、非常にお互いに強く結びついた分解されていない放射性核種の混合物であります。

この混合物は、その組成から言いますと、リアクターで事故直後に形成されていた混合物とほとんど違いがございません。

現在、放射性降下物の組成の中で非常に多く見られるのは、幾つかのより長命種の核分裂生成物であります。

これはつまり、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{144}Ce 、 ^{90}Sr 、 ^{154}Eu 、 ^{155}Eu 更に超ウラン元素である ^{238}Pu 、 ^{239}Pu 、 ^{240}Pu 、 ^{241}Pu 、 ^{241}Am 、 ^{244}Cm であります。

立入制限区域の総面積は、 1 km^2 当たり 5 Ci 以上の ^{137}Cs を含むその汚染密度の立入禁止区域の総面積は、この地方では今現在住民の立ち退きが最終段階にきていますけれども、この総面積が $3,400\text{ km}^2$ ございます。

この総面積の中の主要な部分としましては、森林が 45% を占めております。それから更に休耕地、草原ですけれどもこれが 30% 、牧草地帯が 10% 、沼沢地、沼ですね、これが $7\sim 8\%$ 、キエフ海の水域が 2% 、それから農村及び町のさまざまな建造物がある地域が $4\sim 5\%$ 更に産業施設道路が 5% と言う内訳になっております。

それから汚染密度が ^{137}Cs で 15 Ci 以上それから ^{90}Sr で 3 Ci 更に Pu で 0.1 Ci これはすべて/ km^2 ですけれども、それだけの汚染密度の地域が約 $1,900\text{ km}^2$ ございます。

また、火災によって赤茶けて焼けてしまった森林地帯が 6 km^2 ございます。

これは、全面的な除染作業を行わなければいけなかった地域と合わせますと約 10 km^2 ございます。

これはすべての制限区域の面積からすると 0.3% にあたります。

現在、制限区域内の土壤中にありますのが放射性セシウムで $110,000\text{ Ci}$ 、 ^{90}Sr が $127,000\text{ Ci}$ 、それからプルトニウムの各アイソトープが 90 及び 900 Ci です。

15 km 地帯の平均汚染密度は、これはチェルノブイリ原発からの 15 km と言うことですがけれども ^{137}Cs で $129\text{ Ci}/\text{km}^2$ 、 ^{90}Sr で $156\text{ Ci}/\text{km}^2$ 、プルトニウムで $0.5\text{ Ci}/\text{km}^2$ でございます。

総体といたしまして放射能汚染地帯による立入制限区域にはプリピャチ化学研究産業連合体のデータでは、現時点で $240,000\text{ Ci}$ と言うふうに考えられております。

この $240,000\text{ Ci}$ と言うのは人体的ですとか生物学的に影響を及ぼす長命種の放射性核種の存在であります。

この放射性核種の総体のほとんどの量が土壌の上から 5 cm の所に局所化されております。

この 15 km ゾーンのこの表層部はだいたい重量として約 5 千万トンございます。

これは、我が国の放射性廃棄物取扱減衰規則の基準によりますと固体低放射性廃棄物と言うことになります。

森林中には放射性核種は、その森林に隣接した広々としたですね上の方に何もないうま草原やなにかと比べますと 1.5 倍から 2 倍放射性核種の量が多くなっております。

また、汚染の組成状況は均一ではなく、この組成等はその地域一帯の汚染の密度には関係していません。

森林を汚染する放射能の 90% は、森の中の落ち葉ですとか、地面に堆積しているものの中にあります。

^{90}Sr の移動形態は最大含有量の時期に達したか、達しつつあるかと言うところです。

この状態は、まだ約10年間は続くと思われております。

それから放射能崩壊を考慮に入れますと ^{90}Sr の移動形態の土壌中の含有量はその最初の蓄積量全体の70%を超えることはないということです。

土壌中の放射性核種の固定された形態の形成は、とは言いましてもこの立入制限地域の外へのこの放射性核種の移動の主要な経路が地表を流れるその水の流れであるということから、この地表を流れる水の流れと言うのはこれは春やなにかの出水、雨それからその他の川の氾濫等ですけれども、そういうふうな形態をとって土壌中に固定化されている放射性核種も動き出すと言うことがあります。

これは、1年間のこの地帯への降水量が特にこれは夏に多いのですけれども、降水量が夏に500~600mmございます。

これは、物理化学的な意味では、放射能汚染の流失が土壌の非常に飛散しやすい浮遊物とまたそれに固定している放射性核種、浮遊物と放射性核種がくっついたものであり、また土壌の有機浮遊物の溶解溶液中に放射性核種の中和された錯体が入っているということになります。

この制限区域一帯は、地質学的に言いますと氷河期に氷河がもってきた岩石が堆積してできた平原地帯でございます。

多少のなだらかな丘陵が続いているところでございます。

また、非常に湿度が高く沼沢地域が非常に多いところです。

更にこの断層を地質学的にとりますと砂岩等の砂の部分が多くなりますので、これでこの地帯を非常に水が通りやすいということがございます

また、表層を流れる水と地下水の流れが良いということでしょうか。

地下水の水脈の深さは、これは通常春ですね、非常に大きな雪解け水の出水があるのですけれども、その出水が非常にしょっちゅうある場所では、だいたい0m~6mの深さ、

また、その出水がある近くにある、一番最初にあるその台地のところでは5m~15mの深さの所にその地下水の水脈があります。

つまり地下水の水脈は非常に巾広い所にあるということです。

それからこの地下水はそう言うことですから、表層を流れる水が浸透しやすいと言うことがございます。

つまりこの通気が非常に砂岩質が多いのでこの水の透過性が非常に高いということです。

地下の水流は、地表を流れる水流が非常に弱い所では降水量の30%~100%が地下水になっています。

それからこの地帯には非常に大きな川、小さな川沢山ございますけれども、1年間で ^{90}Sr の蓄積量の0.5~0.8%をドニエプル川に流し込んでおります。

これは、ウクライナの国民にとりましては、この立入制限区域の最も大きな、差し迫った危険性と言うことになります。

この要因によって集団的な線量は、約 55,000 人・Bq/1 年間であります。

ですから、 ^{137}Cs の 1 年間のこの同じ経路での排出量、つまりさまざまな川からドニエプル川へ流し込まれる量は 0.03~0.05% です。

この ^{137}Cs の流失をもっとも多く行っている地域というのはこれはプリピャチ川流域の上流地帯の制限区域の外にある地帯であります。

このチェルノブイリ原発の制限区域の放射能モニタリングの主要な課題といたしましては、水系の汚染の水準のコントロールと言うことがあろうかと思えますけれども、この問題につきましては、この後にスホルチキン博士のほうから報告がございます。

チェルノブイリ原発の 30 km 地帯ゾーンのこの放射性地質学的なモニタリングと並びまして、放射性核種が地表で土壌の表面近くの層で帯分布をする状況のモニタリングと言うのが実施に移されております。

このようなモニタリングの課題といたしましては、放射能汚染の移動が水平方向及び垂直方向への放射能汚染の移動のダイナミックスのコントロールと予測であります。

このコントロール監視するために 1987 年にモスクワ大学の物理学部で次のような提案がなされました。

つまり、事故炉を中心といたしまして 30 キロメートルの区域に 396 の水準点を設け、これの 30 キロ区域を 36 の放射線で分けまして各放射状の線の各線毎に 11 の点をとります。

そこのとった水準点で土壌のサンプルを深さ 5~7 cm の所でさまざまな方向によって、サンプルを取るという方法でございます。

それには採取サンプラーといたしましてはさまざまな器具が使われましたけれども、一番多く使われていたのは直径 89~127 mm の掘削パイプでした。

1990 年にこのプリピャチ研究産業連合の科学技術センターが作られた後になって初めて研究者達は、放射性核種の垂直・水平移動と言うことに関心を示すようになりました。

この目的のために 1991 年に既に存在している水準地点のネットワーク使いまして各地の層の土壌採取を行っております。

これは、深さ 14 cm までは各 2 cm 毎に採取をし、それ以降 24 cm までの深さの所は各 5 cm 毎に土壌の採取をすると言う方法であります。

その採取されたサンプルを放射性スペクトロスコープですとか放射化学的な分析を行っております。

それによりまして、個々の放射性核種が土壌の表層部の表面及びそれから各断層でどのように分布しているかという地図、スキームの作成ができました。

このような方法でこの水準点網を使ってサンプルを採取してやるというその方法でできましたのは、この 30 km 地帯の放射性降下物の分布図の全体図を作ることができたただけでした。

これは、この表面の分布は非常に均一ではないという状況がありますけれどもまったくそういう複雑な詳細の部分は反映されていないものでした。

何年間に渡るコントロールの結果を照会いたしますと、放射性核種の分布は汚染された表面での放射性核種の分布の状況は、それほど顕著な変化をとげていないと言うことです。

つまり放射性核種の95%がこの土壌の上部5cm程の層に局所化されてしまっていると言うことです。

その内のごく少数がもっと深い層に移っていくという状況があります。しかもそれに際しましては、それほど大きくフラクシゼーションされておられません。

つまり、そこに放射性核種が粒子としてあるわけですけれどもそれが細かくなっていくと言う状況は余りみられないと言うことです。

この状況は、この降水による放射能降下した降下物の非常に飛び散った部分と言うのは、だいたいにおいてフィルターを通ったような状況で各地に移動してしまったその結果であると言うことの証明であると思います。

1992年からこの放射能降下物の30kmゾーンでの分布及びその動きをより詳細に知るためにまた、蓄積量がどれだけかと言うことをより正確に計算するために我が科学技術センターの職員達によって非常に大規模なガクセイ？が行われるようになりました。

この大規模と言うのは、1対25, 000及び1対10, 000の地図を作ると言うことです。

これは、座標軸のピッチを500×500mと言うふうな形にしてまたそこで各層からサンプルを取りそれにその現場の地形学的な、また地球化学的状況と岩石学的な状況を付け加え考慮に入れて地図を作成していくというやり方です。

それからモニタリングの第3の方法は移動性放射能核種の流失のダイナミックスを研究することにあります。

特にこの30kmゾーンの中の放射性廃棄物臨時局所化地区での研究であります。

またこれを水平だけではなくて垂直方向でも研究しようと言うことです。

つまりこの表面を流れる水流が流出させていく放射性核種がどの地点でその放射性核種がまた他方にくっつくのかと言うことも含めて、またそれからどの地点で水中のどの地点まで行くのかと言うことを含めての研究であります。

その目的のために放射性廃棄物の埋蔵された地域にしせい、井戸と言うのですか、穴をネットワーク状に各地に掘ったものを利用しております。

これは埋設地域だけではなくてまた、埋設地域に隣接した地域でも穴を掘って行っております。

しかも、その井戸の深さは埋設物が横たわっているその深さの所に、その近くに地下水の流れがあるわけですけれども埋設物の上の方の地下水の流れそれから下の方の地下水の流れの所まで両方調べております。

この地下水中の放射性核種の物理化学的な滞留形態及びそれからその放射性核種の組成が研究されております。

ちょっと時間がもう終りに近づいておりますので、電報のような言い方で話をしたいと思いますが・・・

この放射線モニタリングの第4の方法は、これは自然環境中での飛散した核燃料の降下物の個々のフラグメントのサイズ、形態放射性核種の組成そういったものの変化の動きの研究であります。

それからモニタリングの第5の方法は、放射能生態学的なモニタリングでありまして、これは長年に渡って自然利用ですとか土地の再生、森林の再生作業の問題を構造的に解決するためのものであります。

チェルノブイリ原発の事故の後遺症としてのさまざまな放射能の後遺症の評価が自然環境の中で行われております。

つまり、さまざまな貯水池に生息している動物それからまた地表に生息している動物、昆虫、土壌中の微生物等そういったものさまざまな年令のグループをとってそれがどう言う影響を受けているかと言う研究が行われております。

また、放射性核種の中でどのように動いているかと言うその法則性の研究もなされております。

更に、線量としては少ないですけれども慢性的な被曝が生化学的、生殖的な機能にどのように影響を及ぼすかという研究もなされておりますし、遺伝学的、分子生物学的な変化が温血動物ですとか魚類にどのような変化を及ぼすかということ、それから細胞遺伝学的な指標、骨髄にどのような影響を及ぼすかと言う研究もなされております。

更に、この制限区域外への放射性核種の流出が空気経路でどのように行ってゆくかと言うそのコントロールも行われておりますけれども、この放射能モニタリングに付きましては、これはまた先程申し上げましたようにスハルチキン博士のほうから報告がございます。

このように制限区域での放射能モニタリングは、さまざまな自然環境それから実験室内での形態をとる研究の総合体と言うことであります。

その研究の内容と致しましては、放射性核種及び電離放射線の線量フールドがどのように動くかつまり自然環境時でどのように動くかと言う研究であります。

自然環境というのは、大気ですとか土壌、水それから自然及び人工の生物共同体のことです。

制限区域内での放射能モニタリングは、長期にわたる作業でありますけれども、これは放射能生態学的な状況をこの中でどういうふうな状況が起こっているかと言うことを常にコントロールしていくためには必要な作業であります。

しかしながらまたこの一方では、この作業と言うのは、非常に大きな認識学的な意義を持ったものであります。

なぜかと言いますと、自然環境の中で人工的な放射能核種と共に起こっているユニークなプロセスが観測できるからであります。

私の話を終わるにあたりまして、8年間の事故後のさまざまな研究が、私どもに対してどう言うふうな結論をもたらしたかと言うことを話したいと思っております。

まず第1には、制限区域及びそれに付随したドニエプル水系中の放射能生態学的な状況は安定しています。

第2には、放射性核種が自然環境のさまざまな成分によって非常に固く固定されているという事が指摘されます。

第3には、生態システム及び自然の地勢学的なバリア、障害物というものが非常に状況を安定させる役割を果たしており、また非常に放射能生態学的に容量の大きいものであるという事です。

それから、人工的な移動によって制限区域内から排出されている放射能の量は、1年間に1 Ci以下であるという事です。

第7には、火事等の高温による放出がございます。

これは、生物に影響を及ぼす放射性核種の乾燥した植物総量中にある蓄積量は1992年の火事の総面積20～30 km²の中では地表にある放射性核種の総蓄積量の約0.1～0.9%の間ぐらいでした。

つまりこれは、数十Ci程度のものであります。

第8番目には、放射性核種が制限区域から野鳥及び野獣によって持ち出されるということがあります。

秋の渡りの時期になりますと、この制限区域には数千羽の鳥が渡ってまいります。

この鳥の総重量が5～6千トンございます。

これらの渡ってくる鳥たちが現地の鳥たちと同じだけ、汚染を浴びると言うふうに考えましてもこの鳥たちによる排出量は最大限に見積もっても年間¹³⁷Cs及び⁹⁰Srで10以下の数字で10以下のCiと言うことになります。

このチェルノブイリ原発の南から南西に広がる非常に広大な地域に渡り、鳥たちが、広がりますのでこの方法によって持ち出される汚染物質の排出と言うものは生態学的な状況には、ほとんど本質的な影響は及ぼすことはありません。

これほどいろいろ研究がされてはおりますけどもまだまだ解決すべき課題、研究すべき課題が沢山ございます。

私どもの目の前で非常にユニークな生態学的、放射能学的な資料が研究されずに放置され、そのままになって使われずになってしまおうとすることがあります。

私どもは、非常にユニークな生態学的な放射能学的な練習場を持っていると言うことであります。

これをここから必要な情報を取り出すと言うことは、全ての人類にとっては必要なことではないでしょうか。

こう言う情報をこの練習場から得ることができるのは、私ども両国の力を合わせないとできないことだと思います。

Dr. リバルコありがとうございました。

それで一応予定は2時までと言うことになってございますが、4時までですね。

ちょっと時間が8分以上超過してしましまして、後あのお二人の方々には4時までに終わらせていただきたいと思いますと思っておりますけれども、もし延びました場合はですねこの後4時から持ってきていただきましたVTR40分間のものがありまして、それをお見せしよう

思ったのですが、そちらの方に郵寄せがゆくかも知れません。

次にDr. シュホルスキーからご講演をお願いいたします。

これは、チェルノブイリ原発30km区域内におれる環境の水系の放射能の状況と言うことで、水系、河川、湖沼での核種の移行という事でございます。

御出席のみなさま、日本の皆様の前で放射能安全の問題についてお話をすることができるのは、非常に名誉な事だと思っております。

ご招待戴きましてありがとうございました。

ウクライナは”ポレツェ”と言う特別な言葉があるほど、非常にこれはあのウクライナの低放牧地帯の湿原をあらわす言葉なんですけれども、あるほど非常に水資源の豊かな所でございます。

これで、水資源が豊かだという事が原発建設の場所を決定する際に非常に大きな役割を果たしました。

チェルノブイリ原発の30kmゾーンの中で常に恒常的に流れている河川網の密度は0.3~0.4/km²でございます。

永年に渡りまして年平均のプリピャチ川の流量は、約400Km³/secです。

それからチェルノブイリ原発の設備への水供給のための冷却水プールの総面積は、22km²を上まわっております。

この水系の面積から言いますと、これは貯水池ですとかそれから春になると冠水する地域その他がありますけれども、これは30kmゾーンの約25パーセントを占めております。

それからこの地帯にはまた地下水流がございまして、これは約深さ30mそれから40m~80mそれから120mの所に3つの地下水脈がございまして。

プリピャチ川はドニエプル川の支流でして、これは非常に巨大なドニエプル川の支流でして800万の人達の給水源になっております。

ドニエプル川では、毎年2万トンの魚が収穫されております。

また、この流域でのこの水を使っての灌漑地帯は16,000km²を超えておりますし、この灌漑のために使われている水量は、5Km³でございます。

これは30kmゾーンの地図です。

ここに冷却水プールがございまして。

これがプリピャチ川です。

ウシ川です。

それとこちらの方にキエフ貯水池そしてキエフ海がございまして。

それからこの冷却水プールとプリピャチ川との間の堰がこちらへんにあります。

これについては後でお伝えします。

黒い点で示されているのは水の監視が行われている地点です。

これが5kmゾーンです。

この中では地下水の監視がおこなわれている地点が沢山ございます。

研究産業コードプリピャチの線量測定管理部では、放射能汚染の地表の表層の水を22ヵ所これはプリピャチの流域ですけれど22ヵ所、それからまた冷却水プール、小さな川、湖の30kmの小川等30kmの所で22の所で行っております。

また地下水のコントロールは、92の井戸を掘って行っております。

毎日表層水から52のサンプルとそれから地下水から62のサンプルを採取しております。

科学研究生産コードプリピャチの指導部の方でまた、プリピャチ川の水中の ^{90}Sr のコントロールのコンセントレーション、コントロール濃度が決定されておりますし、この年間の ^{90}Sr のプリピャチ川の水によるキエフ海への流入量と言うのも決められております。

この年間流失量のコントロール数値と言うのは、年平均の ^{90}Sr キエフ川の濃度0.74KBq/m³これはつまり20pCi/lですけれども、このレベルを越えないと言うことで決められている数字であります。

プリピャチ川及びドニエプル川の核種の年平均のコンセントレーションは、表6にあげております。

^{137}Cs の濃度は、着実なテンポで低下しておりますけれども、 ^{90}Sr のプリピャチ川の中での濃度は、近年の6年間でまったく下がっておりません。

この差の原因は ^{137}Cs それから ^{90}Sr の物理化学的な性質の差とそれからこの一帯の水系の条件の違いと言うことにあります。

土壌水系の中の放射性核種の分布率KTは、さまざまな実験下では次のような数値になりました。

このKTと言うこの率は、吸着の性質を表しており、この放射性核種の移動の速度及び浮遊物、水系中での分布状況を表すものであります。

30kmゾーンの中央部分では、水及び貯水池及び各水流で非常に強く汚染が進んでおります。

この以前に実行されたまた計画された水資源保護のための措置というのは、これらの水系をプリピャチ川からなんとかして切り離そうと言う試みでありました。

また、水を採取する地帯だけではなくて、この貯水池の中の水底の沈殿堆積物も水中への核種の入ってくる汚染源の1つであります。

この表8に冷却水プールの水底堆積物のコンクリートの蓄積量及びキエフ海への浸出量が示されております。

冷却水プールの水底蓄積物からの ^{90}Sr の浸出・溶質つまり溶け出してくる速度は、物質及び水のバランスの方程式から1.3×10¹²乗Bq/年間と言うことになります。

これは、34Ci/年間であります。

表9にありますのは、各年度毎の ^{137}Cs 及び ^{90}Sr のプリピャチ川の水とともにキエフ海へ流れ込む量であります。

1991年の ^{90}Sr の流入量が非常に多かったのは、この年に流水の滞積があったこととそれから91年の1月、2月には非常に降水量が多くて冠水した地域が多かったと言うことによります。

その結果何時もより多く約3.3 10の12乗Bqの⁹⁰Srが流れ込みました。

昨年1993年と言うのは、この事故の期間を通じまして非常にこの水量が多かった年です。

この非常に雨が多かったせいで、30kmゾーンの小さな河川では夏、洪水が起こりました。

これは、何年間、何十年間に一度と言う程の珍しいことでした。

ウシ川では、1993年のウシ川の流量は、次のようなものでした。これは7月の数字ですけれども、月の始めは8.5それからその月の終わりになりますと270 m³/secでございます。

このウシ川の水位は3mあがりました。

それから⁹⁰Srがプリピャチ川に余分に流れ込んだのには、プリピャチ川の左岸での灌漑施設のせいであるということもあります。

1993年の⁹⁰Srの川による流失と言うものは大幅に増えましたけれども、この年は、非常に雨が多かった年ということですので、多くなったとは言ってもコントロール濃度を超えることはありませんでした。

30kmゾーンで非常に大きな懸念をよんでおりますのは、固形廃棄物を臨時に保管・埋設せざるを得なかった地域での地下水の放射能状況であります。

ここには、地下水が冷却水プールに入り込まないようにとすることで堰が作っております。

この地点での⁹⁰Srの濃度は、プリピャチ川の濃度をはるかに超えております。

表12としてこの数字が出ております。

冷却水プールの水位はプリピャチ川の平均水位を6~7m超えています。

冷却水プールの水は常に砂の堰を通して濾過されております。

これを通るその流量は、年平均3 m³/secです。

¹³⁷Csと⁹⁰Srの移動性質の違いが現れております。

冷却水プールの中での⁹⁰Srと¹³⁷Csの濃度の比率が0.7~0.9としますと、この濾過された流れの中での同じような比率は、さまざまな堰の箇所でははだいたい40~100と言うことになります。

公共の水道の飲料水の中での放射性核種の濃度は、だいたい事故前のバックグラウンド数値と同じか多少それを超えるものです。

冷却水プール中の魚の中の¹³⁷Csの含有量は、保健省が許可している数値を数十倍超えております。

プリピャチ川で捕獲された魚の中での¹³⁷Csの含有量は、通常この保健省が決めた数値の何分の1しかありません。

このようにですな⁹⁰Srのプリピャチ川での年平均の濃度と言うのは、設定された数値目標を超えるものではありません。

プリピャチ川の水によって流出される⁹⁰Sr、¹³⁷Csの飲料水を通じてのですね住民への被曝線量に対する貢献度と言うものは、5%の設定されている年間の限界量を2%程も超えるものでありません。限界量の2%以内のものであります。

それから時間が経過するにつれて局所化されたまたは拡散している放射性核種廃棄物の状態のインジケータとしての重要な意義を持つものに ^{241}Am があります。

このようにモニタリングされた結果の数字と言うものは、これは集団的な線量の評価及びその対策を決定するために使われておりますし、更に世論に情報を与えると言う目的でも使われております。

以上でございます。ありがとうございました。

Dr. シュホルスキー大変ありがとうございました。

それではもう一人Dr. カザコフさんの方からもう1題残っておりますのでよろしくおねがいを致します。

それから後、もし質問等がございましたら、終わってから時間の関係もありますが、どうか時間の制限もございませんので、最後までご参加いただいて議論に加わっていただくよう、よろしくお願い致します。

カザコフさんの発表される題名は、チェルノブイリ原発事故後の制限区域での放射能対策計画その実施と言う、そういうような内容でございます。

尊敬する皆様、ここでこうして日本の皆様を前に致しましてチェルノブイリ原発の事故の放射能の状況またその事故後の対策についてお話する機会を与えて下さりましてありがとうございました。

大変な名誉と考えております。

今日私がお話ししますのは、1986年から今日までの30kmゾーンで行われましたさまざまな措置についてでございます。

更にまた現在計画中、近いうちに実行に移されるであろう措置についてもお話致します。時間が足りませんので簡単に簡単にお話し致します。

自然保護及び除染作業つまり事故後の除染作業それから自然保護対策と言うものは、これは必要な放射性核種の滞留状況についての必要な情報が欠如している中で行われたと言うのが分析の結果であります。

この事故対策をとる際にとられましたモデルは、1957年にチェリアビンスクのマイヤクコンビナートで起こった事故の際の経験でした。

その当時の経験を基にして専門家達が作った対策では、チェルノブイリの事故の際に水中への放射性核種の浸入の主な経路を以前の経験を基にして考えられまして、次のような作業が行われました。

つまり、土壌中に壁を作ることです。

ここにプリピャチ川があります。

プリピャチ市です。

原発です。

事故を起こした4号炉です。

この所がその原発の所ですけども、ここの中に土壌中に壁が作られました。

壁というのは、非情に幅の狭い穴でして、その中に非常に密度濃く粘土が詰められました。

これがつまり壁と言うことです。

ですけれどもこれはそれほど大きな効果はありませんでした。

逆に目立った害を与えたわけです。

この壁のせいです。チェルノブイリ原発の1号炉、2号炉が浸水してしまいました。

今現在でもそのために私どもはこの水を、水位をいかに下げるかという問題をかかえております。

プリピャチ川に沿って、プリピャチ川の岸、それから川の堰に沿ってここにもそのカーテンウォールみたいなものが作られました。

最近の分析では、このカーテンウォールの効果はなかったということになっています。

ただ、このウォールを作る際にかかった費用は、約5千万ルーブルでした。

これは1ドルが60カペークの時代の話です。

その他にも対策としましてプリピャチ川の中に特別のトラップが作られました。

つまり、放射性核種を捕らえるためのものです。

つまり、このプリピャチ川を横切ってですね運河的なものが作られたわけです。

30 kmゾーンの中のその他の川、小川の中には187の堰が作られました。

これは1986年から1987年にかけての時期に、これはロシアとウクライナの場合ですと、春の雪解けやなにかで、河川の氾濫が起こるんですけれどもそう言う氾濫による川への水の流れを堰止めるためのものであります。

これらの作業は、非常に人手やお金もかかったものですが、それだけのことをかけましたけれどもそう言ったやり方でキエフ海へ入り込む放射能の量を削減されたものの約1%しか削減することができなかったわけです。

ですから、この時期に行われたその土木的なやり方、土木事業的な対策がいかにその効果が少なかったと言うことを物語っております。

1986年から1988年にかけて行われた対策の中で非常に主要な地位を占めておりましたのは、除染措置でありました。

その中でも非常に本質的な意味を持っておりましたのは、30 kmゾーン及びそれの外での住民の居住地での除染作業でした。

これらの作業はつまり除染作業は、居住地700ヵ所を4年間にわたって、延べ人数12万人の人達の手を掛けて行われました。

その際の総合線量負荷が150万人Bqと言うことになります。

この作業のために使われた費用は約15億ルーブルです。

これは作業の初期の段階から効果は非常に低いということが判っていたのですけれども、この作業は1990年まで続けられました。

この除染作業の効果が非常に低かったのは汚染地帯に居住している人達の線量負荷がどういう形態で起こるかと言うことがよくわかっていなかったということもあります。

この住んでいる人達のその線量の主要な部分というのは、この人達はその地に住んでいるからではなくて??地帯に行ったつまり、森とか草原に行ったということによって起こっていたわけです。

それからまた、農作業をしたということによっても起こっていたわけです。

1987年には火事によって赤茶けた森の埋設が行われました。

この地帯がその赤茶けた森、つまり火事になって赤茶けてしまった森の地帯です。

この赤茶けた森は伐採されて、切り倒されて土壌中に埋蔵されてしまいました。

それによってそれ程高くない丘ができました。

この地帯の汚染の状況はかなり高いものがあります。

ですけれどもその時点ではですねチェルノブイリ原発を再運転するための他の手段がなかったのです。他の方法がなかったのです。

恐らく皆さんでもその時点でそのような状況のもとで原発の運転を再開せよということになれば、同じようなことをなさったのではないのでしょうか。

私も同じでした。

この赤茶けた森一帯の汚染された水は、さきほどの私の同僚の報告がありましたように、これは、この地帯の汚染された水は、プリピャチ川の水への汚染源にはなりません。

約100年程は大丈夫だと言うふうに思われております。

この除染作業の全体の継続と致しまして、立入制限区域内で、コードネーム”ベクトル”と言う生産コンプレックスの建設が行われております。

このベクトルプロジェクトの中では、土木技術的なさまざまなプロジェクトがございます。

ただこのプロジェクトは非常に深く考えられたものであります。

この計画されている技術の効率の分析が行われまして、その結果、臨時的にですね放射性廃棄物をどこかに保管すると、それをその後その保管された物に移してその一帯の放射性廃棄物、構造的な埋蔵地域に移すと言うやり方はこれは合理的ではないということがわかっております。

なぜかと言いますと、制限区域から低放射能の廃棄物を150万 m^3 も持ち出すと言うことは合目的ではないと言うことです。

なぜならば、このチェルノブイリ原発の10kmゾーンの中にこの土壌中にある放射性廃棄物の80～85%が残ることになるからです。

ですから、固体放射性廃棄物をベクトルプロジェクトの地帯に再埋設すると言うことは、これはこの低放射能物質とそれから中程度の放射能物質を完全に分けて保管しなければいけないまた、そのあとでそれを1つずつ何かを流し込むか何かして一枚岩化した保存場所を作らなくてはならないと言うことになります。

低放射能の固体放射性廃棄物の保存・保管のためには、埋蔵のためには必ずセメントによる一枚岩化というのが必要になります。

それから中程度の放射性廃棄物については、アスファルトによる一体化と言うのが必要になります。

このようにして、そういう物質を使って一枚岩化するということによってのみ必要な要求が満たされるということになります。

この放射性廃棄物をセメントによって固めてしまった場合には約千年間、それからアスファルトによって固めた場合には約10の5乗年間の安全性の保障ということは考えられております。

こういうふうにしなかった場合には、地下水にこの汚染物質が、この汚染された場所からの汚染物質の漏れが必ず起こるということになります。

またこの放射性廃棄物埋蔵のその他のやり方、技術ということとしては、この廃棄物があるその現場での一枚岩化ということがあります。

チェルノブイリ原発の近いゾーンといわれている地帯には、約600の埋蔵地があります。

これらの埋蔵地をその現場ですら一枚岩化してしまうということもできるかと思えます。それには液体ガラスが使われております。

さもなければ、その液体ガラスを使わなければアーク装置を使ってガラス化することが考えられます。

(音声記録不良)

チェルノブイリ原発事故の後遺症を??するための作業を行った経験から言いますと、この除染対策というのはいくつかのさまざまな対策に分けられるかと思えます。

そのさまざまな対策はさまざまな目的を持ったものであり、そのさまざまな対策どうしの間ですら一応調整するということはなかなか困難でありました。

このさまざまな合意調整が難しかった点その他のことを克服する要因としてまた、重大なミステイクを犯さないためには、非常に重要なことがございました。

これはいくつかの原則的な要求を必ず遵守していくということです。

要求というのは、これはこういった作業を行う主要な課題は何かということを中心に置くということです。

つまり原発事故によって被害を被った各共和国に住む国民の集団線量をいかにして最小化するかということを中心に作業を行うということです。

このような大規模な核事故が起こった地帯でのさまざまな対策の主要な目的と言いますのは、これはこういうふうな事故が起こると、環境に放射性物質がたくさん排出されるんですけれども、そういう際の対策の主要な目的というのはこの放射性生態学的な状況をいかにして総合的に改善していくか、また放射性核種がさまざまな環境に移動していくのをいかにして防ぐか、またそういう作業をおこなう際に作業衣とかその地域に住んでいる人達の線量負荷をいかにして最小化していくかということが主要な目的であります。

生態学的な効果及び生態学的なさまざまな対策の後遺症、結果等をチェルノブイリ原発の事故の際に行いましたけれども、その後遺症対策等の実行の結果として、またその分析の結果といたしまして次のようなことがあげられます。

まず第1には、その一帯で行われるさまざまな対策は主要目的と矛盾を起こすものであってはならないということです。

この放射能汚染のフィールドのさまざまな初期のパラメータが人工的に悪化するようなことがあってはならないということです。

それがどういうことかと言いますと・・・・・・

より汚染の強い状態の地域からより汚染の弱い地域への放射性核種の移動があってはならない。

放射性核種が化学的に移動性を持つようなことがあってはならない。

また、放射性核種がより刺激的なものになったり、よりその移動がし易い状況に移るようなことがあってはならない。

また、放射性核種が自然環境の中でよりコントロールしにくい場所、またそれから人間の手がより及びにくい場所に移ることがあってはならない。

以上がこの第2項にあてはまるものです。

それから3番目にあげられますのがエコシステムの破壊ですとか、地形及び地質学的にバリアとなるようなものの破壊があってはならない。

つまりこれは、放射性容量ですとか、自然の自己回復能力に被害を与えるものがあることはならないということです。

この制限区域での今後の作業といたしましては、この地域を生態学的に安全な状況に戻すということが課題であります。

この構想からいきますと1番最初にこの地帯で行われるべき対策は以下のようなものがあります。

この構想実施に関しまして、決定を採択するために必要なさまざまな基準システムの開発・作成それから第2番目と致しましては具体的な地帯においてさまざまな必要な追加的な研究を行うためのこの制限区域内の各地域への区域分けの実行があります。

つまり、制限区域の1帯全体なんですけれども、その中をいくつかの区域に分けようと言うことです。

それから、第3番目には、相対的なモニタリングのシステムの作成です。

このモニタリングでは、さまざまな水系ですとか、大気系その他の状態についてのインフォメーションの収集状況の数字モデルの作成、それからその状態の条件変化の予測更には行政的なさまざまな決定の採択と言ったことがあります。

第4番目には、制限区域内で働く人々もしくはこの制限区域からさまざまな事情によって立ち退いた人達の社会的な保護に関する追加的な対策の総合的なプログラムの作成であります。

第5番目には、スラブジチ市の住民の雇用の問題の開発、プログラムの作成、総合分析といったことがあります。

このスラブジチ市と言いますのは、これはチェルノブイリ原発で働いている人達が住んでいる所です。

ですから、その人達のその今後の雇用の問題と言うのは、非常に大きな問題になってくるわけです。

第6番目には、放射性廃棄物の取扱いについての対策であります。

第7番目には、シェルター施設を生態学的に安全なシステムに変換するための対策と
言うことがあります。

第8番目には、チェルノブイリ原発の稼働停止がございませう。

9番目には、水資源の保護と申すことがございませう。

10番目には、これは林業の防火能力の向上を目指すための対策と申すことがございませう。

11番目には、区域の境界線での統一された保護システムの実施と申すことがございませう。

12番目には、このいまあげましたその構想に従って行なわれるべき制限区域でのさまざま
な作業の合目性及びその根拠について、この構想に合致しているかどうかと申すこと
についての総合的な分析がございませう。

以上でございませう。ありがとうございました。

非常に内容の濃い発表をいただきましてありがとうございました。

たぶんここにおいでの皆様も、もう少しお聞きになりたいこともあろうかと思ひませう
けれども、一応3人の方々の御報告をこれで終わらせていただきますが、ここで何か質疑、お
聞きしたいことございませうしたら、余り時間がないようございませうけれど、ありませう
お受けしたいと思ひませう。

(Q) 30キロメートル圏内の住民が一度全員その外に退避したと思ひませうのですが、現在
その方々はどうなっておりますか。その30 km圏内に戻って住んで居るのかどうか。
それが第1点お伺ひしたいと思ひませう。

(A) いま現在この地帯には約千名の方が住んでおります。ただ、この人数は年間を通
じて同じではなくて、千名というのは夏です。冬には約700名になります。
この人達はだいたいかなり老令の人達です。

立ち退いてこちらの方へお住み下さいと言われた状況に適応できなかつた人達で
す。

その人達は自分の人生をここで終えようと思ひ戻ってきております。

私どもの連合では、この30 kmの圏内に住んでいる人達の生活を助けております。
住居ですとかそれから必要な食料品は届けておりますし、さまざまな必要な、一番
必要な生活物質も届けてますし、医療も行っております。交通手段も提供して
おります。その他のさまざまな生活上の必要性は満たしております。

(Q) もう1件お伺ひしたいのですが、その30 km圏内を除染されているというふう
に先程伺ったのですが、除染というその汚染した土を取り払ってどういふ措置をされ
ておるのでしょうか。

それがもう1件ですけれども、かつ洗浄・除染する場合でもう全地域をす
るということではできなかつたと思ひませうので、道路とか、人が住み
そうな所と申すことなんでしょうが、除染していないそのエリアの放射線
レベルと申すのは、その事故時に比べて現在どの位まで下がって
おりますか、減衰しておりますか、その点お伺ひしたい
のですが。

(A) この全面的な除染と致しましては、土壌の表層 10 cm を完全に除去するということがございました。

これが行われましたのは、プリピャチ市と一部チェルノブイリ市でございます。

プリピャチ市ではこの措置の結果、汚染の放射能のパワーは約 10 分の 1 になりました。

ですけれども、この町は他のパラメータによって人間の住む状況ではないということになりました。

つまり壁が汚れているとか、住居の内が汚れているとか、汚染されているとかその他家ですとかその他のその家の中にある物が汚染されてしまっているとか、屋根も汚染されている。

大気中の α 線が非常に高いと言う状況があります。

現在プリピャチ市は化学研究産業連合プリピャチの 2 つの生産設備と言いますかそういったもののために使われております。

ですからそういう施設がございますので、日中の労働時間中には人間がそこにいます。

現在プリピャチ市へ行くその交通経路での被曝線量率と言うのは、100 マイクロレントゲンです。1 時間当たりです。

その他の所での除染作業としましては、これはいろんな、さまざまな施設に被膜をしてしまうと言うやり方です。

デクリチベーションというのですか。デクリチベーションと言われているそうです。

現在除染が行われておりますのは、主としてさまざまな専門の課題を抱えて人間が作業をしなければいけない所でございます。

つまりその人達が働けるように準備をするために除染を行うと言うことです。

と言うことでよろしいでしょうか

余り時間ありませんが。

(Q) 簡単なあれですけれども、話を聞いてですね一寸わからなかった所が 2 点あるんですが。

1 つは、シェルターを処理するのにどうのこうのと言っていた部分とそれから何と言うのですか、今の質問された部分なのですが、原子力研究所で働いている人達つまり関係職員は全部 30 km 圏外に住居しててそこから通っているのかどうかと、その点 2 点をまず一寸確認・・・

(A) 2 つ目の方からお答えします。

30 km ゾーンの中には、働いている人達は住んでおりません。

つまり家族と一緒に住んでいると言うことでは住んでいないんです。

つまりその労働時間中の休憩時間では居るわけですがけれども。

けれどもそういう目的で使われているのではチェルノブイリ市があります。でこれは除染されております。

それと特別にグリーンマウスと言う名称の町が作られました。

それからチェルノブイリ原発の稼動を行う要員の人達は、先ほど話が出ましたスラブジチ市これはチェルノブイリから70 kmの所にある町ですけれども、そこに住んでおります。

これがスラブジチ市へ向かう鉄道です。

ここは川の所には鉄橋が架かっております。

シェルターと言うのはですねこれは壊れた、破壊された4号炉のことです。

特別の名前でシェルターと呼ばれています。

サルカファンと言われています。

ただその名前を変えたのです。

えーと、議論は尽きないと思うのですが、一応時間を過ぎましたのでビデオ皆さんご覧になりますか。

もしご希望でしたら40分ぐらいですけれども・・・・・・

是非ですか。わかりました。それじゃ致します。

それで準備の間、もし質問がありましたらお受け致しますが。

(Q) 1番始めに解説された方のお話をされた中にアメリシウムとテリウム汚染のことを取り上げていらっしゃるんですが、どうしてアメリシウムとテリウムの汚染レベルがそんなに高いのか、もしわかりましたら・・・・・・

(A) ^{241}Am と言うのは、 ^{241}Pu の β 線放出によってできる生成物です。

それで ^{241}Pu と言うのは ^{239}Pu と ^{240}Pu と比べて約100倍程汚染の強さが高いと言うことです。

^{241}Pu が崩壊する場合、 α 放出体である ^{241}Am が出てきます。

皆さん御存知のように、 α 放出体と言うのは、 β 放出体と比べると1桁か2桁放射能的には人体に影響が大きいと言うことです。

そういうプロセスを経て25年後には ^{241}Am の濃度が非常に高くなると言うことです。

ですから最近マスコミの関心は、この問題に集中してきております。

明日の討論会の時にこの ^{241}Am の自然環境の中での計測についての話をしたいと思っております。

最新の検出装置を使っただけのその計測と言うことになります。

どうもありがとうございました。

一応時間も過ぎましたので・・・・・・

(Q) 今、あの同じ関連なんですけど、なぜ要するになぜストロンチウムとかそういう特殊な元素が高かった、要するに燃料の燃焼度が高かったのか。非常にハイレベルだったのかどうかと言うこと・・・・・・・・

(A) それはお答えします。

とにかく燃料体そのまま離散して出でいますのでその燃料の中に入っているプルトニウムがアメリの線源になっているということなんです。

(Q) 要は、非常に燃焼度が高かったんですが・・・・・・・・

(A) 高いと言うか、一応燃料、燃料体だから含んでいるんですね。

(Q) そうではなくて、そういうふうにできると言うことは、相当長い間かからないと値が高くなるじゃない・・・・・・・・

(A) それはかなりビルドアップしていると言うことですね。

それではお話し下さいました3人のウクライナ研究者の方々に感謝の拍手とそれからあと加えまして、大変な仕事を引き受けて下さいました菊月通訳に拍手をお願いいたします。

それで一応ビデオは終わったという事に致しますので・・・・・・・・

APPENDIX 2

Record of the lectures in Tokyo Headquarter, 25th, Feb., 1994 (in Japanese)
(東京本部における講演議事録、平成6年2月25日)

チェルノブイル原子力発電所事故後の立ち入り制限区域内における放射線状況改善
対策の実施及び計画；

S.V.Kazakov, CHECIR

それではちょっと紹介させていただきます。

この度、ウクライナのチェルノブイル市プリピャチ研究産業連合体及びチェルノブイル国際研究センターから3人の研究者をお招き致しました。

それではDr. リバルコ、Dr. シュホルスキー、Dr. カザコフ3人の方でございます。

とにかく現地での作業、環境対策作業に参加されてますね、事故直後からずっと環境安全研究及び復旧対策に従事されている方々でございます。

原研の東海研究所で3人の方々それぞれからご報告をいただいたのですが本部ではそのうちの一人と？（音声記録不良）

チェルノブイル原発事故後の制限区域内での放射能対策計画とその実施ということでお話をいただきたいと思います。

それではよろしく願いいたします。

東海の方の研究所で既にいたしました報告を又再びここでさせていただきます機会を与えてくださいますと感謝いたします。

私の報告に皆様研究所で関心を持って下さったようで大変うれしく思っております。

それでは報告に入ることにいたします。

ウクライナのチェルノブイリ原子力発電所の事故によって大量の放射性物質が空中に放出された訳ですが、それらはウクライナのポーシア地方独特の気候的な又自然的な気象条件に左右されつつ大量にエネルギー代謝のプロセスに組み込まれていきました。

第4号炉の爆発とそれに引き続いて火災が起こったわけではありますが、それからその後はまた事後対策作業が行われました。

それによって放射性物質は環境の中に放出されたわけです。

そしてまたその気候条件、気候的なファクター、気象的なファクターが変化したことによって、この結果北と西とそして南の方に汚染のスポットが作られることになり、また白ロシアの南部そしてロシア中央部の西部と中心部及びウクライナの北部と中央部が汚染されることになりました。

チェルノブイリ事故によって特に被害の大きかったのはキエフ州にありますチェルノブイリ地区そしてゴメン州にありますブラギン地区でありました。

ここからは1986年には人々が避難して出ていったわけですが、そののちにこれらの地区は30キロ圏内という圏に入れられまして特別な行政地区と言うステータスを持つことになりました。

そして、その総面積は2,827km²であります。

そして1991年からこれらの30キロ圏内に対する特別の法律が採択されまして現在では、この30キロ圏というのは立入禁止地区と呼ばれております。

そして事故後にとられました自然保護の対策並びに除染作業が行われたわけですが、その結果、そのつまりどれだけの効果があったかを分析してみますとこれらの作業は、放射性核種がどのような形態で存在しているかということに対する十分な情報がないままに行われたと言うことが明らかになりました。

類似のモデルとしては1957年にチェリヤビンスク40にあります、マイヤクというコンビナートで発生しました核事故の例がとられました。

その事故の時には、チェリアビンスクの事故のときにはかなり環境に大量に放射能物質が放出されたわけなんです、それらの放射性核種はイオン形態のものであります。そして、そのエキスパート、専門家達がチェリアビンスクの事後処理の時に得られました経験などを基にして明らかにしたのですが、水に放射性核種入るこの主な原因は何かということが明らかになりまして、そしてそれに対するさまざまな対策がとられることになりました。

たとえば、次のようなものであります。

この図で見ていただきますと、これがチェルノブイリの原子力発電所です。

これがプリピャチ川

これがプリピャチ市、プリピャチの町です。

これが冷却水を取り入れる冷却水の貯水池です。

この中に、土壌の中に放射性核種が水に入らないような障壁を、壁を作りました。設けました。

だいたい1.5m～2m位の穴を作りまして、その穴の深さは30m位あります。

そこで特殊な粘土を、クレイをその中に詰めました。

それはこの方向に向かっている放射性核種がプリピャチ川に入ることを防ぐためにそのような穴を掘って粘土を詰めたわけです。

しかしながら、そういう対策はまた否定的な影響も与えることになりました。

その結果1号炉2号炉が沈下してしまったわけです。

土壌沈下してしまった。

そしてその土壌にそういうような障壁を設けたために地下水のレベルが上がるという結果になりました。

そのために、そのところには地下水のレベルを下げるというようなまた対策をとらなければならないということになりました。

そうしないとリアクターが、原子炉が水につかってしまうという事態になりかねません。

その他にですね、この貯水池、冷却水の貯水池とそれからですね、プリピャチ川に沿いまして、それからまたその場所に、それはいわゆる私たちが放水路と呼んでおりますそういうものを作りました。

それはやはりパイプを使って埋め込みまして、そして、そのパイプそれぞれを共通のコネクターでつないでおりました。

それを設けたその経費が5千万ルーブルでした。

その時には大体1ドルが67カペーカ位の安さの時でした。

その時に5千万ルーブル位かかったわけです。

しかしながら、その後また研究を進めてまいりますとこの排水のための穴がパイプですが、それを実際に稼働させてみますとチェルノブイリ発電所の出力が10%位は衰えたのです。

減衰してしまうということです。

それをいったん挿入するともう途中で切ることができないということです。

その結果この冷却水の貯水池の堤防にあまり好ましくない影響を与えることになりました。

それを付けたことによって穴の抵抗等によってこの堤防の強度が低くなってしまったのです。

そして、この方向に放射性核種のマイグレーションがおこる、より多くなる可能性がでてきました。

1990年からそのあとの3年間に渡ってですが、特別な研究を行いましてもものを設けてそのパイプを埋め込んで、それを今後も必要としていくのが適当かどうかと言う研究を行っております。

それ以外で1986年以降30キロ圏内にあります小さな川など、それから池などに186ヶ所に堤防やらダムを作りました。

どうしてそういうことをしたかといいますと1986年と87年の冬は大変積雪が多かったのですが、その雪がとけた時にプリピャチ川に大量の放射性核種が流出するのではないかと言うことを恐れたのです。

しかしながら実際には1987年の天候状態によりますと冠水する地域が全然ないというようなことが実際に起こったのです。

そしてせっかく作りました堤防やらダムはもう又撤去致しました。

そうしないとそれによって森や林が水につかることになりかねないからです。

今のところ、いまだに使っているダムや堤防は22ヶ所です。

それから更にもう一つですね、水の底の堆積物をさらえるような装置をつけました。

一つの川に非常に幅も広くて底の深い穴を掘ったのです。

そして、その放射性核種や砂と一緒にその穴の中に入ってくるのではないかと、そういう穴を設けたわけです。

そういうような大きな穴をプリピャチ川に2ヶ所、そしてキエフの付近の貯水池に1ヶ所設けました。

その中で最も効果的だったのはキエフの貯水池に設けたその放射性核種をとらえるための穴であります。

そこでどうしてかといいますとその流れが大変緩やかであります、そしてかなりの放射性核種をとらえる事ができました。

放射性核種のフラクションの一つの特色と致しましては粘土と混じったようなものがあったということです。

そして、ですからそのプリピャチ川に作りました穴には砂を入れまして、そして砂の上

にその粘土質のものがくるように致しました。

しかしながらその効果はあまり大きなものではありませんでした。

大変効果は少なかったわけです。

それからまた除染作業についてはまた特にはお話する必要があると思います。

1986年にはその地域にわたりまして非常に大規模な作業が行われました。

それは除染作業であります。

どうしてその様な大規模な除染作業を行ったかと言いますと1986年の末には1号炉、2号炉を復旧させようと思ったからです。

この場所ですが、林がありました。

そのこれは放射能でもう枯れてしまった林でありまして、赤い林という、赤毛の林と言う名前で呼ばれております。

そのままの形で木を切り倒してその木が生えていた場所に木を埋蔵してしまいました。

そして、その上から土をかぶせたわけです。そういうことをしたことによって、火災の危険性はかなり減りました。

そしてまた、そう言うことをしたことによって空気がエアロゾルによって汚染されることを防ぎました。

それはそうなんですけれども又一方で他の問題が持ち上がりました。

と言いますのはこの地域の地下水のレベルが上がったためにその土に埋めてしまった林が水をかぶると言うことになったんですね。

そしてそこにかぶさった地下水の ^{90}Sr の含有は1ℓあたり10の -7 乗Ciになりました。

と言う訳でこの地域はプリピャチ川の汚染の潜在的な危険を持った地域となってしまいました。

いろいろと研究してみました結果、その放射性核種がプリピャチ川に入るまでにはまだ10年の余裕があるのでその間に何か対策を講じる可能性があると言う事がわかりました。

そして、私どもはその方向に向かって今研究を進めているわけです。

プリピャチ市の完全な除染作業が行われました。大体10cm位の深さで地表を全部剥がしました。

そして新しい土を持ってまいりました。

しかしながらこの町での生活は不可能になったというのはその他の理由があったからです。

人々が住んでいた住居が非常に強い汚染を受けたと言う事です。建物の壁、それから屋根が大変汚染を受けました。

現在のところプリピャチ市の線量率は1時間当たり大体100マイクロレントゲンです。

その除染作業の一環として非常に広範な作業が今も続けられております。

それはどういうことかと言いますとその一つは、ベクトルという名前の施設を作ったこととであります。

ちょっと今のとスケールの違う地図ですが、今示したところにそのベクトルという施設

の敷地内に埋蔵所を作るという計画が今進行中であります。

その場所では大きなセメント固化をして放射性廃棄物を埋蔵してしまうという計画があります。

原子力発電所の近くには、金属類だとかそれからいろいろな設備機械類を埋蔵するための実験的な団体、組織があります。

” ショルツ” 今一つその実験的な企業の中で今活動しております工場が一つありますが、そこでは酸素及び窒素による除染を研究して実施しております。

去年もう一つの工場が、作業所が作られましてレーシーテックというスイスの会社がありますがその会社の技術を使った除染作業を行っております。

閉じたループを作りましてそのループを通して除染をするような、何か物質を循環させるというやり方の除染の方法です。

そして、チェルノブイリ原子力発電所の事故処理を行いまして、その経験から言うことができるのですけれどもいろいろな対策がとられました。

そして、その対策はいろいろな方向に分かれておりまして、時にはお互いに矛盾するような場合いろいろな異なった目的をもつ場合もありました。

しかしながら、そのお互いに異なった目的をもつような対策の、お互いに邪魔をしたりそれからまた望ましくないような結果を導き出すようなことがないようにすることも可能でありました。

しかし、そのどういう時にそれが可能であるかと申しますと、この事故の被害を受けたいくつかの共和国に住んでいる人々の集団線量をできるだけ最小限にとどめようと言うその様な共通の課題を実施していかなければならない。

その様な要求を皆が忘れずにそれを追求していった特に初めてさまざまな対策がお互いに矛盾しあったり、妥協したりすることはなくすことができました。

例えばチェルノブイリ発電所の事故のように、環境に大量の放射性物質が放出されるような大きな事故の場合には、必ずしも全体的な放射性の状態をより改良しなければならぬと言う大規模な対策をとらなければなりませんし、また線量の付加を最小限な値にとどめると言うような防護策をとらなければならぬという事その必要性を認めることができました。

もう環境に与える影響がどのようなものであったかを分析したり、またもう現在すでに計画されたものまた実施されたような様々な対策を分析してみますと次のような要求を提案することができます。

その要求、どのようなことをしなければならぬかと申しますとある1ヶ所でとられた対策は何かそれらの対策がお互いに目的が違っていたりそして、矛盾したりする様なものであってはならないという事が大事です。

第2番目に、第1次的な放射能汚染の場の状態を人意的に人工的により悪化するようなことがあってはなりません。

それはどういうことがその中に含まれているかと申しますとそれは放射性核種が汚染のそれほど汚染の濃度がより高い所からより低い所に放射性核種が移動する事を防がなければ

ばならない。

放射性核種が移動が可能なような化学的な形態に変わることが防がなければならない。

放射性核種がマイグレーションの見地から言いますとより積極的に攻撃的な原子的な媒体に移ることを防がなければならない。

また放射性核種が人間が入っていくことのできない様な自然条件の中、または人間が管理する事が不可能な様な場所にその放射性核種が入らないようにしなければならない。

第3番目としては、例えば生体系を乱すような事をしてはならない。

自然的そして地形的な条件それはその地域の放射線を受け入れるその猶予、可能性をより少なくしてしまうような、自然のうちに保護ができていますからその放射線の防護の条件を乱すようなことをしてはならない。

また自然復帰を乱すような事をしてはならない。

それから、今後その立入禁止地域で行われる作業に関するコンセプトが採択されておりますが、そのコンセプトによりましてこの地域をエコロジ的に綺麗な場所にするという目的が含まれております。

このコンセプトに基づきましてこの立入禁止地域で行われる対策は次のようなものであります。

まず最初にこのコンセプトを実現させるためのこのコンセプトに根拠を与えるようなシステムを開発しなければならない。

そして、第2番目にこの立入禁止地域を幾つかの地域に分けて、具体的に分けた地域において補足的な具体的な研究を行わなければならない。

そして、第3番目としては、総合的なモニタリングシステムを作るという事であります。

そしてこのモニタリングシステムは、この自然に関するさまざまな情報を収集すること、そしてこの状態の数学モデルを作ること。

この自然界の状況が変化していくそれをその変化を予測し、行政的な対策を講じること。

その4番目と致しましては、この立入禁止地区で働いている人々に対する社会的な何か対策を補足的に加える。

第5番目としては、スラブジチに住んでいる人々の雇用のプログラムを開発し、それを実施していく。

第6番目と致しましては、放射性廃棄物の取扱いを行う。

第7番目と致しましては、現在石棺と言われている4号炉ですけれどもそれをエコロジ的に危険でないシステムに変えていくという対策であります。

8番目と致しましては、チェルノブイリ原子力発電所の廃炉の問題であります。

9番目は水資源の保護対策。

10番目と致しましては、この立入禁止地域にあります林、森林の防火対策であります。

第11番目は、この立入禁止地域の境界線に沿いまして統一のとれた警備のシステムを作ることです。

そして、第12番目と致しましては、この立入禁止地域で行われております作業が合目的性を持っているのか、また根拠があるのかを分析し、そして、それらの行われる作業が

このコンセプトに一致して行われる様にしなければならないという事であります。

これで大体終るのですが、もしご質問がありましたら、お答え致します。

大変ありがとうございました。

それで時間が一応11時まででこのあと会議室を使うそうなんですけど何かご質問がございましたら、是非聞きたい事がございましたら・・・・

(Q) 2つほど、1つはチェリアビンスクの事故の経験を生かしたとありますが、チェリアビンスクの事故のちょっと概要を。

(A) マイヤクと言うコンビナートがありまして、そこで起こった事故なんですけど、さまざまな文献が出ております。

マイヤクで液体の放射性廃棄物を入れておきました貯蔵庫が、そこが温度が上がってそしてキシケムの事故という名前で呼ばれておりますがそこが爆発したという事です。

(Q) わかりました。もう一つあるんですが、その30キロ圏内にその法律が施行されます。今最後にその対策地域のコンセプトとしてエコロジー的に綺麗に最終的なその30キロ圏内の目的というのは今いくつか実行されていると聞いております。研究的な色彩の強いものが大部分ですが、その廃炉という事もありましょうし、最終的にその汚染された30キロ圏内に人を原状に、昔のように復帰させることが最終目的であるのかどうか。

(A) 91年に採択されました法律に基づきますとこれは国民経済的な目的でその30キロ圏を利用するという事はもう長い期間にわたってはずされております。

今私どもが持っておりますレベルから言いますとこの30キロ圏内の放射能の状態をこれ以上良くする事は私どもは不可能であります。

ですから、まず主に私どもがしなければならないことはこの圏外に放射性核種が出ていかない様にすることです。

それは、水を伝わったり、空中を伝わったり、それから人間の活動に伴っていろいろな資材、機材なんかにくっついて出ていくと言うその3つのマイグレーションの可能性がありますが、今現在のところでは河川を伝ってマイグレーションで一番大きな意味を持っていると思います。

空気を伝わっていくという可能性は今のところ一番少ないんですね。

あの大きな嵐の様なものは今の所起きておりませので。

1989年に大きな竜巻が起きました。

竜巻が起こったんですけれども比較的綺麗な地域を伝った形の竜巻でココバージャとジョリオーネムイツなどで皆様いらっしゃるこの竜巻の跡がご覧になれると思います。

そういう訳で、その竜巻は大変潜在的な危険を含んだものでした。

ありがとうございました。

(Q) 貴重な体験をいろいろお伺いしてありがとうございました。

それで1つですね、あの河川とか湖沼に対する対策と言うのは今日もお伺いしたんですが、要するに30キロ圏外に対する影響ということであれば地下水の問題と言うのがさうとう大きくなるであろうと思うんですね。

その辺の対策をちょっと

(A) しかしながら、現在の所プリピャチ川の汚染は80%~90%位は表面から流れ込む水によってこの部分が大変汚染が激しい部分です。

ここのこの川に沿った所も汚染が激しい所です。

これらの場所ではまず垂直に水が下におりて、それから水平で面を伝って川に流れ込む危険性があります。

ここの飲料水を取り込んでいる所があります。

ですからここで汚染の起こる可能性があるのではないかと考えております。

そういう訳でこの飲料水の取水場所をここではなくて移すことを考えております。

そして、この場所からプリピャチ川に向かってのマイグレーションはかなりゆっくりとしたものであります。

もっとも危ない⁹⁰Srには移行していくわけですが、しかしながらその過程で崩壊がおきますから大体川につくまでにはその大体放射能は10分の1位になってしまうのではないかと思います。

(Q) もう1つ汚染土壌はプリピャチ市以外から10cm位(音声記録不良)

(A) 特別な埋蔵所を2ヶ所設けました。

一つはここにあります。ブリャコッカという名前を持っている埋蔵所です。

この地域には高レベル放射性廃棄物の埋設所があります。

そして、ここの場所からブリャコッカの方にも持ってまいりました。

穴を掘りまして、そして粘土でプリンのようにして、そして上から綺麗な土を被せて草を植えるというやり方です。

大変まだお聞きしたいこともあるともわかりませんが、ちょっと時間が、何か11時から(音声記録不良)

あの原研の東海でも非常に沢山の聴衆の方が出席いたしまして好評だったんですが、残念ながら当初計画した時は日本の予算の編成時期、原研の予算の編成が2月初めの予定だったのが大幅に遅れまして今回の計画と重なってしまいまして誠に残念でした。

その点をお詫び致します。

それでは、カザコフさんに拍手をして

通訳の????小林さんどうもありがとうございました。

(音声記録不良)