

## セミナーⅣ

### 「福島第一原子力発電所事故と低線量放射線の人体影響」

#### Seminar IV

"Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident and the Effects of Low-dose Radiation on the Human Body"

#### 【司会】

この2011 HICARE 国際シンポジウムも、あと2つのセミナーを残すだけとなっております。では、午後のセミナーⅣを始めたいと思います。今日は、講師といたしまして、広島大学原爆放射線医科学研究所所長の神谷研二先生をお迎えしております。セミナーの演題は、「福島第一原子力発電所事故と低線量放射線の人体影響」ということでございます。先生は、ご承知のとおり、事故以来、頻りに福島を往復され、直接関与されております。それでは、神谷先生、よろしく願いいたします。

広島大学原爆放射線医科学研究所 所長  
神谷 研二 (かみや けんじ)

ご紹介ありがとうございました。広島大学の神谷と申します。よろしく願いいたします。HICAREの国際シンポジウムでお話させていただけることに大変感謝しています。

広島大学では、福島第一原子力発電所の事故以来、大学に蓄積している知識や技術をできるだけ福島県の皆さんの安全安心に役立てようと、多くの職員を派遣して活動していますので、今日は、そのことも含めてご紹介させていただきたいと思っております。

3月11日に起きました東日本大震災では、巨大な地震、そして津波、さらに、原子力事故が起きたことで被害が非常に大きくなりました。大変多くの方が亡くられました。福島第一原子力発電所事故では、3月12日に、最初の1号機の水素爆発が起きました。3月14日に、3号機、そして、3月15日に、2号機、4号機の爆発が起き、3月15日の爆発で大量の放射性物質が環境中に放出されています。

#### Chair

There are two more seminars remaining in the 2011 HICARE International Symposium. We will now proceed with this afternoon's Seminar IV, the speaker in which will be Dr. Kenji Kamiya, Director of the Research Institute for Radiation Biology and Medicine at Hiroshima University. The topic of Dr. Kamiya's speech is: "Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident and the Effects of Low-dose Radiation on the Human Body." As you are probably aware, Dr. Kamiya has visited the Fukushima area numerous times since the accident, and has been directly involved in the efforts to deal with the problems there. I yield to the floor to Dr. Kamiya.

Kenji KAMIYA, MD, PhD,  
Director of Research Institute for Radiation Biology and  
Medicine, Hiroshima University

Thank you. My name is Kenji Kamiya, of Hiroshima University. I am honored to have this opportunity to speak at the HICARE International Symposium.

Since the accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, Hiroshima University has sent a large number of personnel to assist with the operations at Fukushima, in the hope that the knowledge and capabilities that the University has built up over the years can be used for the benefit of the residents of Fukushima Prefecture; these activities constitute part of the subject matter of my speech today.

The Great East Japan Earthquake which occurred on March 11th, 2011, together with the resulting tsunami and nuclear accident, caused immense devastation and loss of life. At the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, a hydrogen explosion in Reactor 1 on March 12th was followed by further explosions at Reactor 3 on March 14th, and at Reactors 2 and 4 on March 15th. The explosion on March 15th caused large quantities of radioactive material to be released into the surrounding environment.



幸いなことに、現在まで、重症の被ばく者は発生していませんが、我が国では、放射線事故に対して、緊急被ばく医療体制が整備されてきています。そのきっかけとなったのは、1999年に起きた東海村臨界被ばく事故です。この時は、3名の方が重症の被ばくを受けましたが、そのうち、2名の方は、高度な治療の甲斐もなく、亡くなりました。国は、このことを非常に深刻に受け止め、原子力安全委員会の被ばく医療分科会で、わが国の緊急被ばく医療体制はどうあるべきかの再検討を行いました。その結果、新しい体制が整備されることになりましたが、その骨子の一つは、緊急被ばく医療体制を救急医療体制に整合させることでした。救急医療では、初期、二次、三次の体制があり、三次で重症の患者を治療することになっています。緊急被ばく医療体制においても、同様の体制が整備され、三次被ばく医療機関として、東西に2つの拠点を置くことになりました。その概要を図1に示します。文科省が選考を進め、西では広島大学、東では放射線医学総合研究所が三次被ばく医療機関に選定されました。さらに、放射線医学総合研究所は、全国の三次被ばく医療機関としても機能することになっています。西ブロックには、11の原子力施設の立地自治体とその隣接県があり、各自治体には、初期被ばく医療機関と二次被ばく医療機関が設置されています。

さて、広島大学は、このような役割を担っているため、原子力緊急事態宣言を受け、すぐさま広島大学緊急被ばく対策委員会を立ち上げました。11日の原子力緊急事態宣言の翌日には、第一班の緊急被ばく医療のチームを派遣しています。この活動

Fortunately, so far no cases have been reported of people suffering serious diseases from radiation. Japan has put in place a Radiation Emergency Medical System to deal with accidents involving radiation. The key factor behind the establishment of this System was the Tokaimura criticality accident which occurred in 1999. In this incident, three people suffered serious diseases from radiation exposure, two of whom subsequently died; even though they had received the best possible level of medical treatment. The government took this issue very seriously, and the Nuclear Safety Commission committee concerned with medical treatment for radiation exposure examined what changes needed to be made to the system for emergency treatment of radiation exposure in operation at that time. On the basis of this review, it was decided that a new system should be put in place. As a framework of this new system, the radiation emergency exposure medical system is operated in a manner consistent with the Emergency Medical System. The Emergency Medical System uses a three-tier system - Primary, Secondary, and Tertiary, and the Tertiary level engages in the treatment of persons in critical conditions. A similar structure was adopted for the Radiation Emergency Medical System, which included the establishment of two Local Tertiary Radiation Emergency Hospitals, one each in Western and Eastern Japan. An outline of the framework is shown in Figure 1. By the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), Hiroshima University was selected as the one for Western Japan with the National Institute of Radiological Sciences (NIRS) for Eastern Japan. NIRS also became a nationwide Tertiary Radiation Emergency Facility. The Western Japan block covers eleven prefectures that have nuclear facilities located either within them or their adjacent prefectures. Each of these prefectures has its own Primary and Secondary radiation emergency hospitals.

Given that Hiroshima University had been entrusted with this responsibility, when the declaration of nuclear emergency was received, the Hiroshima University Radiation Emergency Medicine Committee was established at once. On the day after the issuing of the declaration of

内容については、昨日、谷川先生がご報告されましたので、ここでは、簡単にご紹介させていただきますが、現在までに、延べ1,000名以上の職員を現地に派遣しており、県民の皆様の安全、安心に資する活動をさせていただいています。その活動拠点としては、現地対策本部であるオフサイトセンター、二次被災医療機関である福島県立医科大学、住民の皆様の避難地点、それから、住民の皆様の一時立ち入りを支援する地点や初期被災医療機関の代わりに担う施設として整備された、Jヴィレッジです。さらに、最近では、原子力施設内に救急治療室が整備されましたので、そこに医師を派遣しています。

避難に関して、非常に大きな問題があったことは、昨日の谷川先生のご報告のとおりです。

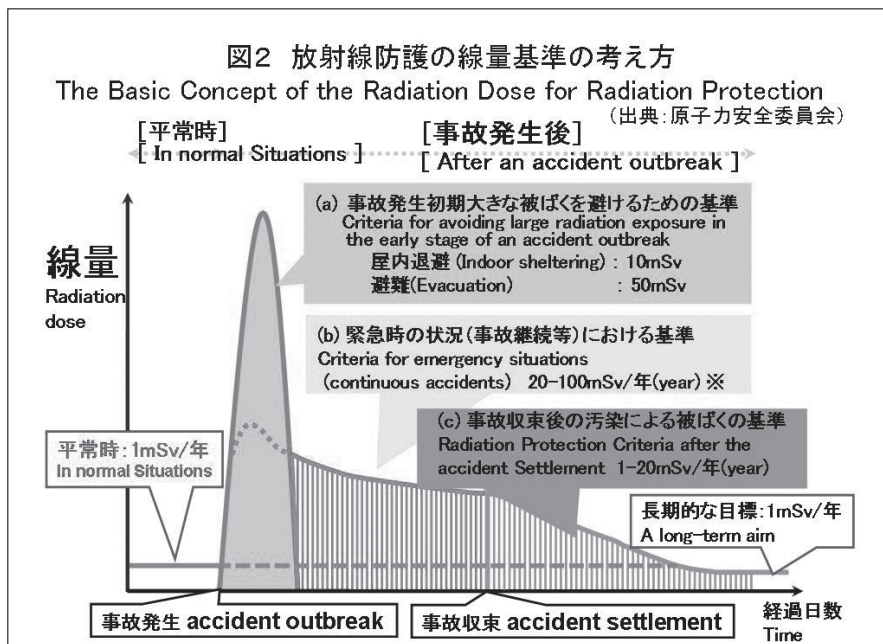
オフサイトセンター医療班の一番大きな役割の一つは、トリアージの方法や患者の受入機関と搬送ルートを決めることでした。

nuclear emergency on March 11th, Radiation Emergency Medical Assistance Team (REMAT) No. 1 was dispatched to assist with the disaster response efforts. As Dr. Tanigawa gave a report on these activities yesterday, I will limit myself to a brief summary. As of the present time, over one thousand personnel from Hiroshima University have been dispatched to the disaster area to take part in activities aimed at enhancing the safety and well-being of residents of Fukushima Prefecture. The bases of our activities included the Off-site Center (which serves as the headquarters for local operations), Fukushima Medical University (which is a Secondary Radiation Emergency Hospital), the evacuation centers, the support stations set up to facilitate temporary entry to the affected zone for local residents, and J-Village (the Japan Football Association's National Training Center) which was used as a substitute site for the local Primary Radiation Hospitals. In addition, doctors from Hiroshima University have been assigned to work at the emergency treatment room which has recently been set up within the nuclear power plant.

Dr. Tanigawa mentioned in his speech the regrettable serious problems which occurred during the evacuation.

One of the most important tasks assigned to the medical team of the Off-site Center was deciding on triage methods, as well as deciding on the institutions that would

receive patients and the route that should be taken when transporting patients to the institutions.



このように、福島で活動をさせていただいていますが、今、福島では、様々な問題が起きており、それを少し、お話しさせていただきます。浪江町の空間線量率では、15日の放出により、非常に高い空間線量率が記録されており、それがずっと下がってきて、現在に至っています。飯館村の空間線量率の推移も同様です。空間線量率が急激に下がったのは、半減期の短い放射性物質が減少したことによりますが、その代表的なものは、放射性ヨウ素131です。しかし、空間線量率がこの辺からなかなか下がらないのは、半減期の長い放射性セシウムが環境中に存在するためです。放射線事故が起きたときに、公衆を守る基準となる考え方が、国際放射線防護委員会から示されています(図2, 出典:原子力安全委員会)。最初の基準は、事故が起き

Given that Hiroshima University personnel have been operating in the Fukushima area, I would like to talk a little about some of the problems that have been encountered in Fukushima. One point relates to the airborne dose rate in the town of Namie. An extremely high airborne dose rate was recorded in Namie, due to the release of large quantities of radioactive material from the nuclear power plant on March 15th. The airborne dose rate has since fallen steadily. A similar pattern of decrease in the airborne dose rate has been recorded at Iitate village. A rapid fall in the airborne dose rate is normally associated with a decrease in the amount of radioactive material with a short half-life. The radioactive iodine-131 is one of the best-known examples. However, the airborne dose rate has not continued to fall beyond a certain level which

た初期段階のもので、大きな被ばく線量を避けるために、屋内退避や避難をするための基準が示されています。その後も、事故そのものはすぐには収まりませんので、事故が継続する緊急時の基準として、年間20mSvから100mSv、そして、事故が終息した後も、環境中の放射性物質はなくなりませんので、このような状況を現存被ばく状況と呼びますが、その基準となる値が示されています。現存被ばく状況での基準となる値は、年間の被ばく線量を1mSvから20mSvの範囲に抑えることですが、出来るだけ早く、年間1mSv以下に低減化することが求められています。現在の日本政府の基準は、年間の被ばく線量を20mSv以下にすることで、20mSvを超える地域があれば、健康を守るために、そこから住民に避難していただくことが行なわれています。

20km圏内は、避難が指示されていましたが、さらに、20km圏を超える地域にも、年間20mSvに達する地域が見つかりました。そこは、計画的避難区域として、避難がすすめられています。さらに、その外側にホットスポットといわれる狭い領域ですが、20mSvに達する地域が見つかりました。それが特定避難推奨地点で、避難が推奨されています。緊急時避難準備区域は、9月30日に解除されています。

放射線事故が起きた場合の被ばく形態を説明します。まず、事故が起きると、放射性プルームが放出されます。それを吸引すると、内部被ばくが起きます。また、プルームそのものから、直接放射線が出ますので、それに被ばくすると、外部被ばくが起きます。プルームに含まれている放射性物質が地上に落ちると、それをフォールアウトと呼びますが、それから放射線が出ますので、それによる外部被ばくが想定されます。さらに、放射性物質に汚染した食品を食べることによる内部被ばくの可能性もあります。

これから、健康影響の方に話を進めたいと思いますが、その前に、まず、私たちの日常生活を取り巻く放射線から話を始めます。私たちは、自然界から放射線に被ばくしています。その被ばく線量は、世界平均で年間約2.4mSvです。つまり、人類は、年間約2.4mSv被ばくしていることになります。日本は、自然放射線の量が世界平均より少なく、だいたい1.5mSvだと言われています。この自然界からの被ばくの原因は、宇宙から飛んでくる放射線や大地から放散される放射線、それから、食物中にも放射性同位元素が含まれており、そういうものから被ばくしています。環境中には、ラドンのような放射性物質が存在し、そういうものからも被ばくしています。さらに、地域によっては、環境放射線の高い地域があります。その1例がブラジルのガラパリで

indicates that there is a presence in the environment of radioactive cesium which has a long half-life. The International Commission on Radiological Protection (ICRP) has presented an outline that describes standards for protecting the general public when a radiation accident occurs (see Fig. 2; source: Nuclear Safety Commission). The initial standard is intended to an initial phase of an accident; to prevent people from being exposed to large amounts of radiation, the level at which they should seek refuge indoors or evacuate is specified. Subsequently, as the situation will take some time to bring under control, the ICRP standard for a situation where an emergency is ongoing has been set at between 20mSv and 100mSv a year. Also, as radioactive material remains in the environment even after the situation has been brought under control (this situation is called "existing exposure situation"), the standard for this situation has been set as well. In an existing exposure situation, the aim is to keep the level of radiation exposure at between 1mSv and 20mSv per year, and to bring this down to a level of below 1mSv per year as soon as possible. Currently, the Japanese government has set the acceptable annual exposure dose at 20mSv or less per year, so the residents of districts where the exposure exceeds 20mSv will be instructed evacuate in order to protect their health.

While the area within a 20km radius of the nuclear power station was designated to evacuate, areas with an annual exposure dose in excess of 20mSv were found outside this 20km zone. Such areas have been designated as deliberate evacuation areas, and the residents have been urged to leave the area. Further out, small "hotspots" where the radiation exposure level reached 20mSv was found. These hotspots were designated as specific spots recommended for evacuation, and local residents were encouraged to evacuate the area. The "evacuation-prepared area in case of emergency" designation was lifted on September 30th, 2011.

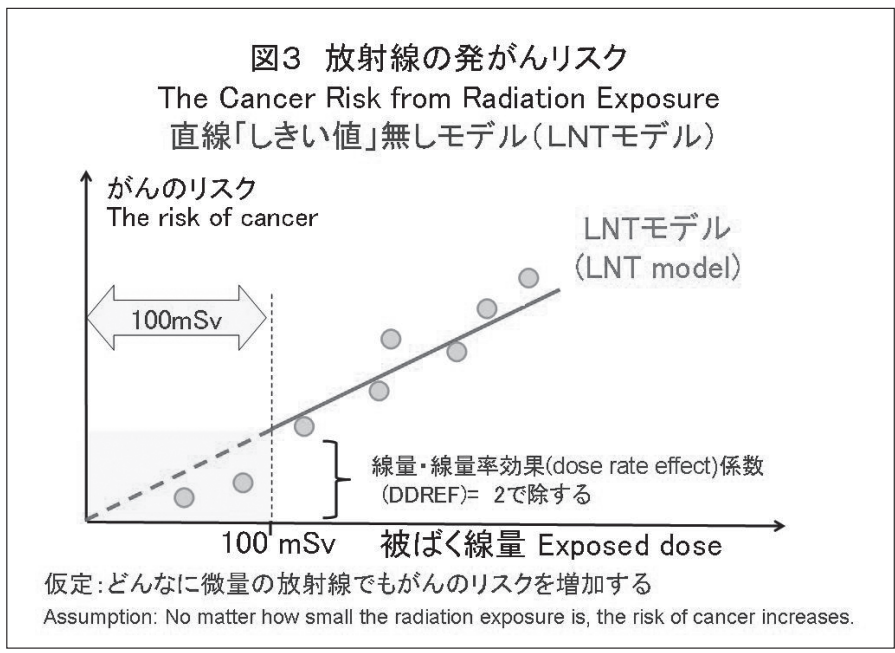
Let me just go over how radiation exposure occurs in the event of a radiation incident. When an incident occurs, a radioactive plume will be given off. Breathing it in causes "internal exposure." The plume itself emits radiation directly; exposure to this causes "external exposure." If the radioactive material contained in the plume falls to the ground, this is known as "fallout," and since this fallout emits radiation, it can be thought of as causing external exposure. There is also the possibility of internal exposure due to eating food that has been contaminated with radioactive material.

Before I go on to discuss the radiation effects on human health, I need first to talk about the types of radiation that surround us in our everyday lives. We are exposed to radiation from the natural world. The global average for this kind of "natural" exposure is approximately 2.4mSv per year. In other words, on average, every person on the planet is exposed to 2.4mSv of radiation each year. In Japan, the average level of exposure to natural radiation is believed to be lower than the global average, at around 1.5mSv per year. This radiation exposure from the natural world derives from radiation emanating from outer space and from the Earth, as well as from radioactive isotopes in the food we eat. There is also exposure from radioactive materials such as radon that exist within the natural environment. The level

す。そこでの放射線量は、年間5～10mSvとされています。

一方、人工放射線の代表的なものは、医療で使う放射線です。例えば、胸部X線診断で、約0.05mSv、胃のX線検査で0.6mSvです。一般公衆の線量限度が1mSvです。CTスキャンは、少し放射線量が高く、7mSvを超えるCTスキャンもあります。この様に、私たちは、日常的に被ばくしていますが、この放射線の量が増えると、健康に影響が出てきます。

放射線影響研究所(放影研)が行なっている原爆被爆者の皆さんの長期疫学調査が、世界で最も精度の高い放射線の健康影響に関する調査です。原爆被爆者の皆様には、2つのタイプのがんが認められています。1つは、白血病で、もう1つは、固形がんです。固形がんは、塊をつくるがんの総称です。放影研の詳細な調査、解析の結果、様々な健康影響に関する知見が得られました。その中で、最も重要な知見の1つは、被ばく線量とがんリスクの間に直線関係があるということです。放射線の量が増えると、がんのリスクが直線的に増加することです。この関係が、現在の放射線防護の基本となる考え方になっています。その概念を図示したものを図3に示します。



この直線関係の中で、国際的な機関が、がんリスクの増加を認めているのは、100mSvを超えてからです。100mSvを超えると直線的にがんのリスクが増加します。しかし、100mSv未満では、統計的に有意ながんの増加は認められていません。一方、100mSv未満の領域でがんのリスクが全く無いかというと、それも証明できません。つまり、この領域のリスクは、科学的には不確実な部分が残るということです。そこで、国際放射線防護委員会(ICRP)は、中線領域で認められたこの直線関係をそのまま低線領域まで外挿して、どんなに少ない放射線量でもがんのリスクを増加させると仮定する安全側に配慮した考え方で、

of environmental radiation varies from place to place. One example of a place with particularly high environmental radiation is Guarapari in Brazil, whose inhabitants are apparently exposed to radiation of the order of 5 to 10 mSv per year.

The most obvious example of artificial radiation is radiation resulting from medical treatment. For example, a person who undergoes a chest X-ray will be exposed to 0.05mSv of radiation, while a stomach X-ray involves exposure to 0.6mSv. The upper limit on the amount of radiation the public can be exposed is generally set at 1mSv. CT scans sometimes involve relatively high levels of exposure that may exceed 7mSv. While we are thus exposed to radiation on a regular basis, if the level of exposure increases, this can affect our health.

The long-term epidemiological studies that the Radiation Effects Research Foundation (RERF) has conducted on Atomic Bomb Survivors constitute the most accurate studies of the radiation effects on human body that have been undertaken anywhere in the world. Atomic Bomb Survivors have been affected by two types of cancer: leukemia, and solid carcinoma. Solid carcinoma is a general term for cancers that involve the formation of cancerous growths. The detailed studies carried out by RERF have produced a considerable number of findings relating to the effects on human health. One of the most important of these findings was the discovery of a linear correlation between the exposure dose and cancer risk; the

risk of cancer increase linearly with increased amount of exposure dose. This relationship has become one of the cornerstones of contemporary radiation protection; the relationship is shown schematically in Figure 3.

On the basis of this direct linear relationship, international agencies consider that the risk of cancer becomes significant after radiation exposure exceeds 100mSv. Once the 100mSv level is exceeded, cancer risk rises linearly, whereas below the 100mSv level there is no statistically significant increase in the risk of cancer. On the other hand, it has not been proven that there is no risk of developing cancer when exposure is below the 100mSv level; there is still some scientific uncertainty about cancer risk below the 100mSv level. For radiation protection purposes, the ICRP considers that it is safest to assume that the direct linear relationship that has been shown to exist with respect to medium-dose levels

放射線防護を行なっています。100mSv未満のがんのリスクは、あったとしても小さくて特定しにくい。つまり、私たちの生活習慣の中にある様々なリスク因子の中に、そのリスクが隠れてしまい、そのために検出できない可能性があります。

今までの話は、原爆被爆者の皆様に見られた一瞬の被ばくによるがんのリスクです。ところが、同一の線量を被ばくしても、一瞬の被ばくとゆっくりした被ばくとは、生物に与える影響が異なることが知られています。例えば、マウスの全身に放射線を照射して、マウスに肺腫瘍を誘発する研究があります。トータルの線量を同じとして、一瞬の被ばくと、ゆっくり被ばくの影響を比較します。ゆっくりした被ばくの方が、腫瘍の誘発頻度が下がることが、この様な研究からわかっています。この現象は、放射線生物学の世界では、古くから知られており、線量率効果と呼ばれています。

それでは、実際に、人でその様なことが起きるかです。人の一番ゆっくりした被ばくは、自然界からの被ばくです。地球環境には、環境放射線の高い地域があり、そういう地域で生活されている住民の健康への影響が問題となります。代表的な地域は、中国、ブラジルのガラパリ、インドのケララ、そしてイランのラムサルなどです。ここでは、インドのケララ地方での健康影響調査の結果を説明します。インドのケララでは、戸外平均線量が年間4mSv以上あり、高い所では、70mSvに達する所もあります。そこでの健康影響調査の結果を原爆被爆者のがんリスクと比較します。一瞬の被ばくによる原爆被爆者のがんリスクは、被爆線量の増加に伴い、右肩上がりに増加しますが、インド・ケララでのがんのリスクには、その増加が認められません。最大の被ばく線量、ここでは、積算線量になりますが、約0.6Gy (600mSvに相当)です。この様に、比較的高い積算線量でも、がんリスクの統計的に有意な増加が認められません。このデータは、リスク値の変動幅が大きく、非常にばらつきがあることから、今後の検証が必要です。しかし、この様なデータから、ゆっくりした被ばくと、一瞬の被ばくでは、がんのリスクが変わる可能性が示唆されています。

がんのリスクは直線的に増えるという考え方を「直線しい値なし仮説、LNT仮説」と呼んでいます(図3)。しかし、低い線量、あるいは、ゆっくりした被ばく、低線量率被ばくといいますが、そういう場合は、実際に観察されるがんのリスクは、予想される直線のリスクより低く観察されています。そのため、ICRPで

of exposure also exists with low-dose levels of exposure, so that any increase in radiation exposure, no matter how small, is associated with an increased risk of cancer. In point of fact, even if we assume that there is a risk of cancer below the 100mSv level, the risk must be so small that it would be extremely difficult to measure precisely. That is to say, this risk factor becomes hidden among all of the other risk factors that exist in relation to our living habits, and may thus be impossible to detect.

What we have been discussing up till now is the cancer risk caused by the kind of flash radiation exposure experienced by Atomic Bomb Survivors. However, it is known that even if the same amount of radiation dose, the biological effects vary depending on whether the exposure pattern is high dose rate exposure (flash exposure) or low dose rate exposure (gradual exposure). For example, there have been studies in which the entire body of a mouse was irradiated in order to induce a lung tumor. Two patterns of irradiation are used, with the same total dose of radiation, and the results are compared to see whether or not the pattern of exposure (flash or gradual) makes a difference on the radiation effects. Studies of this kind showed that the incidence of lung tumors was lower in the case of gradual exposure. This phenomenon has been well-known in the radiobiology field for many years, and is known as "the dose rate effect".

Then, the question is: this dose rate effect could apply to human beings as well? The most gradual radiation exposure that human beings experience is the exposure from the natural environment. Given that there are parts of the world with particularly high environmental radiation, it is necessary to consider the effects on health of the people living in these areas. The best-known areas with unusually high levels of natural radiation include parts of China, Guarapari in Brazil, Kerala in India, and Ramsar in Iran. I would like to discuss the results obtained in health surveys that have been conducted in Kerala, in India. In Kerala, the average outdoor radiation dose is over 4mSv per year, and can reach 70mSv in high places. A comparison was made between the results obtained in Kerala health surveys and the data on cancer risk in Atomic Bomb Survivors. This comparison showed that the increase of cancer risk was not seen in Kerala in the same way that a direct linear increase in line with the increase of exposure dose in the case of Atomic Bomb Survivors who experienced flash exposure to radiation. The highest level of exposure seen in Kerala (in this case, cumulative exposure) was approximately 0.6Gy (equivalent to 600mSv). Even with this high cumulative dose, there was no statistically significant increase in the risk of cancer. This result displayed considerable fluctuation in risk values and very pronounced variation, which indicates that further verification of the data is needed, though. Even so, these data do suggest that the risk of developing cancer may well vary depending on whether radiation exposure takes place flashly or gradually.

The assumption that the risk of cancer increases in a linear fashion is referred to as the Linear No-Threshold or LNT model (see Figure 3). In the case of low doses or gradual exposure which is normally referred to as "low-dose rate exposure", the cancer risk actually has been found to be lower than what would be expected by the LNT model. Therefore, the ICRP estimate a risk level

は、具体的なリスクを推定するときは、直線で推定される数値を係数の2で割って、実際のリスクを推定しています。この係数を線量・線量率効果係数DDREFといいます(図3)。この現象の原因は、まだ十分わかっていません。しかし、想定されているのは、私たちの身体には、放射線によって受けるダメージを回復する能力があるのではないかとことです。その様な能力が、低線量、低線量率の被ばくでは、影響を与えるのではないかと考えられています。その1つが、放射線によって起きるDNAの傷を治す能力です。それをDNA修復能と呼び、最近、その詳細が分かってきています。

以上、低線量領域でのがんリスクの概要について、お話ししましたが、今、一番国民が不安に感じているのは、放射性物質の食品汚染による健康被害です。汚染食品の話の前に、私たちが食べる食品にも放射性同位元素が含まれていますので、最初に、それについて述べます。汚染されていない通常の食品を通じて、私たちの身体の中にも、放射性同位元素が取り込まれています。一番代表的な放射性同位元素は、カリウム40で、体重60kgの人で、これが約4,000Bqあります。それから、炭素14が2,500Bqあるので、その他を含め、約7,000Bqぐらいの放射性同位元素があります。カリウム40が何故私たちの身体の中に入ってくるかですが、カリウムは、私たちの身体には不可欠のミネラルです。人体には、130gのカリウムが存在しますが、このカリウムの約0.017%がカリウム40です。したがって、カリウムを摂取する以上は、無条件に放射性カリウムも取り込むことになります。それが、4,000Bqに達するという事です。この様に、私たちは、日常的に環境放射線を浴びていますし、身体の中にも放射性同位元素が取り込まれています。したがって、放射線の健康影響を考える場合は、放射線に被ばくした、しないということではなく、どれ位の放射線量を浴びたか、あるいは、どれ位の放射性物質を取り込んだかという量の問題が非常に重要であることがお分かりいただけると思います。

今、問題となっているのは、放射性セシウムです。放射性カリウムとセシウムの特徴を比較すると、両者は良く似ています。カリウムとセシウムは、両者とも筋肉に分布し、エネルギーのスペクトルも似ています。両者の $\beta$ 線エネルギーは、ほぼ同じ数値です。 $\gamma$ 線のエネルギーは、カリウム40の方が少し大きい。

内部被ばくは、外部被ばくとは異なる線量の評価を行いません。外部被ばくは、放射線が当たって通り過ぎるときに与えるエネルギーを評価することで線量を測定します。一方、内部被ばくの場合は、放射性物質が身体の中に存在する間、被ばくすることになりますので、その全体の被ばく線量を評価する必要があります。大人の場合は、50年間に被ばくする全ての線量を積算して、それを預託線量と呼んで、内部被ばく線量としています。すなわち、放射性物質が身体に入った段階で、50年先の線量まで積算して評価したのが内部被ばくの線量です。放射性

by dividing the value obtained using the LNT model with a coefficient of 2. This coefficient is referred to as the Dose and Dose-Rate Effectiveness Factor (DDREF) (see Figure 3). The causes of this phenomenon are not yet fully understood. However, one possible explanation is that our bodies have the ability to repair some of the damage caused by radiation. These capabilities might affect the results of exposure to low doses and low dose-rates. One of such capabilities is the ability to repair the damage to DNA caused by radiation. This ability is known as DNA repair ability; recent research has revealed more of the details about how this works.

The discussion so far has focused mainly on the cancer risk associated with low-dose radiation. However, the main concern of people in Japan at present is the risk to human health caused by food contaminated by radioactive materials. Before discussing this contamination, we first need to remind ourselves of the fact that the food we eat already contains radioactive isotopes. Radioactive isotopes can be absorbed into our bodies even by ordinary food which is not contaminated. The most representative type of radioactive isotope is Potassium-40; a person with a bodyweight of 60kg will normally have around 4,000Bq of Potassium-40 in the body, along with approximately 2,500Bq of Carbon-14, and various other isotopes, and the combined total would be around 7,000Bq of radioactive isotopes. The reason why our bodies contain Potassium-40 is that potassium is an essential mineral for our bodies. The human body contains around 130g of potassium, of which approximately 0.017% is in the form of Potassium-40. As long as we are absorbing potassium, we will inevitably also be absorbing the radioactive form of potassium, hence the 4,000Bq of Potassium-40 in the human body. Being exposed to environmental radiation on a daily basis, we are also absorbing radioactive isotopes into our bodies on a daily basis. What this means is that, when considering the effects of radiation on human health, it is not a case of being exposed to radiation or not being exposed to radiation; rather, it is a question of how much radiation we are exposed to. It needs to be understood that the quantitative issue of exactly how much radioactive material our bodies have absorbed is of the utmost importance.

The current controversial issue is the problem of radioactive cesium. Comparison of the characteristics of radioactive potassium and radioactive cesium shows that the two are in fact quite similar. Both of them become distributed throughout the body's muscle tissue, and they have a similar energy spectrum; the Beta particle energy value is roughly the same for both, although Potassium-40 has a slightly higher Gamma particle energy value than cesium.

With internal exposure, dose measurement has to be carried out in a different manner from that used with external exposure. In the case of external exposure, the dose is measured by estimating the energy transmitted during the period of exposure to radiation. By contrast, with internal exposure, the dose received throughout the entire period during the radioactive material is inside the body must be appraised. With adults, the total dose received over a period of 50 years is added together; this "committed dose" is taken as the amount of internal exposure. In other words, the amount of internal exposure

セシウムで汚染した牛肉が市場に出回った事件がありました。牛肉の暫定規制値は、500Bq/kgです。牛肉の汚染レベルを約3,400Bq/kgとしますと、この牛肉1kgを食べた場合の内部被ばく線量は、5歳児で33 $\mu$ Sv、成人は44 $\mu$ Svです。この被ばく線量は、胸部X線写真一枚分の50 $\mu$ Svを下回りますが、この様な事件は、一般の人には大変大きなショックと不安を与えます。こういう事件が起きることは、極めて遺憾なことです。いうまでもなく、汚染した食品は、厳密に管理される必要があります。さらに、一般の人にとって不安なのは、微量な放射性物質が食品の中に含まれており、それらを食べ続けることにより、だんだんと被ばく線量が蓄積していくのではないかという心配です。それは、当然な心配でして、実際に、どれ位の被ばく線量になるかを知らないと、なかなかそういう不安を払拭できません。実際に食品から受ける被ばく線量を推定したデータがあります。厚生労働省の薬事・食品衛生審議会が報告したデータです。これには仮定があります。6月の段階で市場に出回っている食品汚染の状況がそのまま1年間続いたと仮定し、それを平均的な日本人の食事内容で摂った場合に、どれ位の被ばく線量になるかを計算しています。計算では、全年齢での被ばく線量は、年間0.1mSvぐらいになります。妊婦は、0.07mSv、小児は、0.14mSv、それから胎児ですと、0.06mSvです。母乳で育てている乳児は、0.04mSvです。別の仮定で計算しても、だいたい似たような数値になっています。汚染されていない食品に含まれている自然放射性物質による被ばく線量が、だいたい0.3mSvぐらいになりますので、それよりは低い値ということになります。

一番心配されるのは、原子力施設の周辺住民の内部被ばくの問題です。現時点で公表されている一番最初の内部被ばくの調査としては、放射線医学総合研究所(放医研)が実施したものが 있습니다。対象は、浪江町とか飯館村のような避難地域の住民174名です。方法は、ホールボディカウンターを用いて測定しており、評価した放射性同位元素はセシウムです。その結果、内部被ばくの線量は、全員1mSv以下です。その後、3,000人以上の人が、原研などにより、内部被ばく線量が測定されていますが、その被ばく線量も、だいたい99%以上の人、1mSv以下だということです。この場合、放射性ヨウ素などの内部被ばくは含まれていません。

広島、長崎の私たちは大変よく知っていますが、放射線は肉体的な影響を与えるだけでなく、人の心や社会へ非常に強い影響を与えます。

is calculated so as to allow for all doses to which a person would be exposed internally over the following 50 years. There were cases in which beef contaminated with radioactive cesium was sold to consumers. The provision safety limit for beef is 500Bq/kg. Assuming that the level of contamination of the beef is approximately 3,400Bq/kg, and then the internal exposure dose after consuming 1kg of beef would be 33 $\mu$ Sv in the case of a five-year-old child, and 44 $\mu$ Sv in the case of an adult. While a dose of this size is less than the 50 $\mu$ Sv that would be received when having a single chest X-ray performed, an event such as marketing contaminated beef is bound to cause considerable emotional shock and worry to those involved. It is extremely regrettable that incidents of this nature occurred, and it goes without saying that strict controls are needed with respect to contaminated food products. Ordinary citizens will naturally be concerned that, even if the food contains only microscopic amounts of radioactive material, this may build up to a dangerous level of exposure over time. It is only natural for people to think this way, and since there is no way of knowing the exact individual exposure dose, it is difficult to put people's minds at rest. In point of fact, estimates have been compiled of the amount of radiation to which people are exposed through consumption of food. These data were included in a report issued by the Pharmaceutical Affairs and Food Sanitation Council, Ministry of Health, Labour and Welfare. The data make certain assumptions. It is assumed that the same contamination conditions of the food on the market as of June 2011 remain for a period of one year; the exposure dose is then calculated based on the average food consumption of a Japanese citizen. The calculations show that, for the population as a whole (regardless of age), the exposure dose per person is in the region of 0.1mSv per year. The exposure dose is 0.07mSv for pregnant women, 0.14mSv for young children, 0.06mSv for a fetus, and 0.04mSv for a breast-fed infant. Even when different assumptions are made, the resulting data are roughly the same. The exposure dose from then natural radioactive material contained in food, not contaminated food, is around 0.3mSv, so the exposure dose from contaminated food is actually lower.

What is most concerned about is the internal exposure suffered by people living in the vicinity of nuclear power facilities. The earliest survey of internal exposure to have been released so far is the survey carried out by the National Institute of Radiological Sciences (NIRS). This survey examined 174 residents of localities such as Namie and Iitate that had been subject to evacuation. Testing was performed using a whole-body counter; cesium was the radioactive isotope evaluated there. The results showed that the internal exposure dose was under 1mSv for all persons included in the survey. Subsequently, the Japan Atomic Energy Agency (JAEA) and other organizations tested the internal exposure dose for over 3,000 people; here again, for over 99% of the people tested, the internal exposure dose was found to be under 1mSv (this testing did not include internal exposure dose testing with respect to radioactive iodine, etc.).

As those of us living in Hiroshima and Nagasaki are only too well aware, besides the physical effects of radiation, radiation exposure can also have serious psychological and emotional effects and a pronounced



地元の新聞からも、その様な影響の一端が見て取れます。今も続いている風評被害の問題、それから、地域の住民は、放射線に対する大変強い不安にさいなまれています。特に、小さい子どもを持つ保護者は、今も、非常に強い不安の中で生活をされておられます。また、福島から転校した子どもたちが、放射線がうつるといような根拠のないことで、いじめを受けるというようにも起きています。この様に、放射線の事故は、様々な影響を与えます。また、住民の皆様には、多様な媒体から様々な情報が流れ込んでいますが、その正誤がなかなか判断出来ないために、不安が余計に増幅されるという状況もあります。この状況を改善するためには、正確な情報を住民の皆さんにお伝えする必要があります。そのため、色々な専門家が現地に行って、放射線に関する説明会や講演会を実施しています。私も福島の健康リスク管理アドバイザーとして、教育委員会、教員、保護者及び住民を対象にした放射線の健康影響に関する説明会を精力的に行っています。

朝日新聞の9月24日の社説を紹介します。この中で3つの事例が報告されています。最初の例は、福島を応援するための花火大会です。愛知県のある自治体が、福島県川俣町の会社が作った花火を用いて、花火大会を計画しました。しかし、一部の住民から、放射能で汚染した花火をあげるなどという抗議があり、花火大会は中止されました。2例目は、京都五山の送り火で、陸前高田市の松に被災者の思いを書いて送り火をする計画が立てられましたが、汚染を心配する声で中止になった。最後の例は、福岡市の市民が福島応援ショップを開く計画を立てたが、福島からのトラックは放射能をばらまくとの指摘で、これも断念に追いやられた。こういう理不尽なことが被災者に失望を与えている。そこで、福島の復興を支援するなら、まず最初に、放射能の被害を正しく知ることが、その第一歩になるのではないかというのが、この社説の主張です。まさしく、このとおりだと思います。私も放射線に関する仕事をしている人間は、正確な情報を国民や特に福島の県民の皆さんにお伝えする必要がありますのではないかと考えています。しかし、放射線の健康影響を正確にお伝えするのは、なかなか難しい仕事で、現在も手さぐりの状況です。

放射線防護の世界には、ALARAの原則があります。これは、as low as reasonably achievableを略した言葉ですが、日本語にしますと、「被ばく線量を合理的に達成できる限り低く抑え

impact on society.

The stories reported in local newspapers give some idea of the kind of effects that it can have. There are the continuing problems relating to discrimination caused by preconceptions concerning radiation effects, and local people, in particular, the parents and guardians of young children have experienced an anxiety. There have also been cases where children from Fukushima who have been transferred to schools in other areas have suffered bullying because of groundless rumors that radiation can be “caught” from them. The effects of radiation incidents are thus very wide-ranging. At the same time, local residents are being exposed to a wide range of information from different media; as they are often not in a position to judge the veracity of the information, this can cause an unnecessary anxiety that people feel. To bring about an improvement in this situation, it is important that people have access to accurate information. To achieve this goal, experts in various fields have been visiting the areas affected by the incident, to give presentations and lectures about radiation. In my capacity as a health risk management advisor for Fukushima Prefecture, I myself have been giving presentations regarding the health risks associated with radiation to the members of local school boards, teachers, caregivers, and other local residents.

I would just like to refer to an editorial which appeared in the September 24th edition of the Asahi Shimbun newspaper, in which three particular events were reported. The first of these was a firework display which was intended to provide support for Fukushima. A local government authority in Aichi Prefecture was planning to hold a fireworks display using a manufacturer in Kawamata-machi, Fukushima Prefecture. However, when a group of local residents objected to the idea of letting off fireworks which they believed to be contaminated with radiation, the firework display was cancelled. The second incident occurred in relation to the Gozan no Okuribi festival (also known as the Daimonji Festival) in Kyoto. It had been planned to use pine-woods from Rikuzentakata City with message for victims of the disaster for ceremonial bonfires, however, this plan was also cancelled, again because of worries about contamination. The final incident involved a plan by inhabitants of Fukuoka City to set up a Fukushima Support Shop. This plan ultimately had to be abandoned because of concerns that trucks coming to Fukuoka from Fukushima might “spread radiation.” These kinds of uninformed attitudes could disappoint the people affected by radiation incidents. The main point that the editorial wanted to convey was that to have a correct understanding of the harm that radiation causes is the first step towards providing meaningful support for the recovery of the Fukushima region. This is a view that I fully agree with. I believe that those of us whose work is related to radiation have a responsibility to provide accurate information about radiation to the nation’s citizens, and in particular to the inhabitants of Fukushima Prefecture. Unfortunately, getting this information across to people is proving to be a very difficult task, and we are still very much “feeling our way.”

In the field of radiation protection, considerable importance is attached to the “ALARA” principle. ALARA is an acronym that stands for: “As Low As Reasonably Achievable.” Today, the work of cleaning up the

る」という意味です。そのために、今、福島では、除染が始まっています。除染は、我々のイメージでは、洗えば落ちるということですが、除染の効果は、ものすごく効果的というわけではありませぬ。今、国が掲げている目標は、2年後に一般公衆の被ばく線量を50%下げる、子どもの場合は、60%下げるというものです。しかし、除染により実際に下がる放射線のレベルは、一般公衆の場合で、50%のうちの10%に過ぎません。除染は、なかなか困難な作業です。しかし、それをやって、可能な限り被ばく線量を下げるといことです。それを実施するには、非常にきめ細かい除染が必要です。つまり、生活空間に密着した除染を行わないといけないといことです。それを可能にするためには、地域の住民と行政関係者及び専門家が密接な連携プレイをすることが不可欠です。しかも、それを継続的にやっていくことが必要で、それにより、除染効果が少しでも多く期待できると思っています。

これから、福島県民の皆さんは、放射線との長い闘いが続くわけですが、それを支えるのは、何といっても国民だと思えます。皆さん方ご存知のように、広島に原爆が投下されたときは50年先、あるいは、100年先も草木も生えないと言われましたが、広島、長崎は、見事に復興しました。その一番の原動力となったのは、被爆者の皆さんの努力です。広島、長崎の市民や県民の力ですが、それを支えたのは、やはり、国民ではないかと思えます。今、21世紀になって、再び、放射線による被害が出ています。これは、誠に遺憾の極みです。しかし、これを復興させるには、やはり、国民の支援が不可欠ではないかと思っています。広島、長崎の復興は、国民から支援されました。今度は、広島、長崎の人々が福島の人々を支援することが出来るのではないかと考えています。以上です。どうもご清聴ありがとうございました。

#### 【司会】

それでは、神谷先生のセッションはこれで終わらせていただきます。ありがとうございました。

contamination at Fukushima has already begun. When we think about pollution cleanup, we probably have a mental picture of being able to just wash the contamination away. In reality, decontamination efforts tend not to be spectacularly effective. The targets that the government has set are to reduce the radiation dose to which ordinary members of the public are exposed by 50% within two years, and to reduce the dose to which children are exposed by 60%. In reality, the reduction in the exposure dose for the general public would only be 10%. Contamination cleanup is a challenging task. However, we need to do it in order to reduce the exposure dose by as much as humanly possible. To achieve this requires some extremely detailed and precise clean-up operations. Specifically, contaminated material that has adhered to people's living spaces must be removed. Close, effective teamwork that coordinates the efforts of local residents, government personnel and experts is a vital precondition for successful implementation. Furthermore, these coordinated efforts must be undertaken on an ongoing basis; if this can be achieved, then the clean-up work can be made more effective.

The inhabitants of Fukushima Prefecture will be faced with a long, continuing struggle against radiation. The most important source of support for them in this endeavor will be the nation's citizens. As you will all be well aware, it was originally believed that Hiroshima would remain a barren wasteland 50 years, or even 100 years, after the dropping of the Atomic Bomb, and yet both Hiroshima and Nagasaki have in fact made an impressive recovery. While the most important factor behind this recovery was the hard work of the cities' inhabitants, their efforts received vital support from the nation as a whole. Today, at the beginning of the twenty-first century, people in Japan have once again suffered from radiation. This is a deeply regrettable state of affairs. What must be kept in mind is that, to facilitate recovery, the support of all the people will be needed. The recovery of Hiroshima and Nagasaki was supported by the nation as a whole. Now, Hiroshima and Nagasaki can play their part in providing support for the people of Fukushima. Thank you for listening.

#### Chair

That brings Dr. Kamiya's session to a close. Thank you very much, Dr. Kamiya.