

# 研 究 紀 要

第 50 号

平成 26 年度

奈良工業高等専門学校

# 目 次

|                              |                                |    |
|------------------------------|--------------------------------|----|
| 対向する2つの超音速噴流に衝撃波が与える影響 ..... | 福岡 寛・萩原 宏規 .....               | 1  |
| 閉空間内における水中衝撃波の挙動に関する研究 ..... | 福岡 寛・関 悠介 .....                | 6  |
| 発話行為における「発話態度」 .....         | 井上 次夫 .....                    | 12 |
| 論文抄録 .....                   |                                | 18 |
| 原子力人材育成事業への取り組みの経過報告 .....   | 島岡 三義・鬼頭 みずき・中村 篤人・玉木 隆幸 ..... | 23 |

## 対向する2つの超音速噴流に衝撃波が与える影響

福岡 寛, 萩原 宏規\*

## The effect of shock wave on opposed unsteady supersonic jets

Hiroshi FUKUOKA, Hiroki HAGIHARA

Effects of shock wave on the expansion and temperature of the plume is important for formation of hybrid nanoparticles during the double pulsed laser ablation. In the present paper, the unsteady behaviour of a flow driven by the double jet suddenly injected into flow field is investigated numerically by solving the axisymmetric two-dimensional compressible Euler equations. This is an alternative model to simulate Si and Ge double pulsed laser ablation processes. The expansion dynamics and the temperature when the shock wave passed through the jet are discussed. The Mach disk appears by the injection of the Si and/or Ge jet. Mach disk and/or the shock wave increases the temperature of the jet and the temperature reaches maximum value when the shock wave and the Mach disk interact. The maximum temperature is roughly determined by the delay time between two jets.

## 1. 緒言

ターゲットの固体表面に高出力のレーザを集光照射することで、プルームと呼ばれる固体の構成元素が固体表面から爆発的に放出される。この現象をレーザアブレーション (LA: Laser Ablation) という<sup>(1)</sup>。レーザアブレーションでは、固体表面の瞬間的な蒸気化にともなう雰囲気ガスの圧縮により衝撃波が発生する。

レーザアブレーションの代表的な応用例にパルスレーザアブレーション (PLA: Pulsed Laser Ablation) がある。PLA は高品質な薄膜を生成するための代表的な手法の一つである<sup>(2)-(4)</sup>。この手法では、レーザアブレーションにより発生したプルームを堆積基板に照射することで、ナノ結晶薄膜を堆積させることができる。プルームを基板に照射し、薄膜を堆積させる過程で衝撃波はプルームに干渉する。衝撃波には流れのある点を通じた際に、その点の圧力、密度および温度を上昇させる性質がある。そのため、衝撃波とプルームの干渉は高品質なナノ結晶薄膜の生成において重要となる。

2台のレーザおよびターゲットを用いて PLA をおこなう手法をダブルパルスレーザアブレーション

(DPLA: Double Pulsed Laser Ablation) とよぶ。対面したそれぞれのターゲットに高出力のレーザを集光照射することで、それぞれの固体表面からプルームが噴出する。それらのプルーム同士を衝突させ、衝突したプルームが堆積基板に衝突することで複合ナノ結晶構造を有した薄膜を

堆積させることができる<sup>(5), (6)</sup>。梅津らは、雰囲気ガス圧がプルームの衝突および複合ナノ結晶構造に与える影響を実験により調べている<sup>(6)</sup>。これによると、プルームが衝突するときの運動エネルギーは雰囲気ガス圧に依存すると報告している。

DPLA においてプルーム同士の衝突の際、レーザアブレーションにより発生した衝撃波がプルームを通過する。このとき、プルームの噴出により発生したそれぞれの衝撃波がそれぞれのプルームに対して密度、温度、圧力などに影響を与えると考えられる。高雰囲気ガス圧においては、高真空での LA と比較して、雰囲気中の密度が高くなり衝撃波がプルームに与える影響はより大きくなると考えられる。したがって、DPLA により発生する衝撃波がプルームに与える影響を調べる必要がある。しかし、DPLA 中の流れ場は衝撃波とプルーム同士の干渉により極めて複雑である。そのため、実験により衝撃波がプルームに与える影響を詳細に調べることは困難である。

そこで本研究では、レーザアブレーションにより発生するプルームを非定常超音速ジェットに置き換えた。そしてジェットの挙動およびジェットと衝撃波の相互作用について数値計算を用いて調べた。本研究の目的は、DPLA において発生する衝撃波が膨張過程のジェットに与える影響を明らかにすることである。

## 2. 数値解析法

数値計算は汎用流体解析ソフト ANSYS Fluent 14.0.0 を用いておこなった。支配方程式は以下の二次元軸対称圧縮

\* 機械制御工学専攻2年

性オイラー方程式を有限体積法で解いた。

$$\frac{\partial \mathbf{U}}{\partial t} + \frac{\partial \mathbf{F}}{\partial x} + \frac{\partial \mathbf{G}}{\partial r} + \mathbf{H} = \mathbf{0} \quad (1)$$

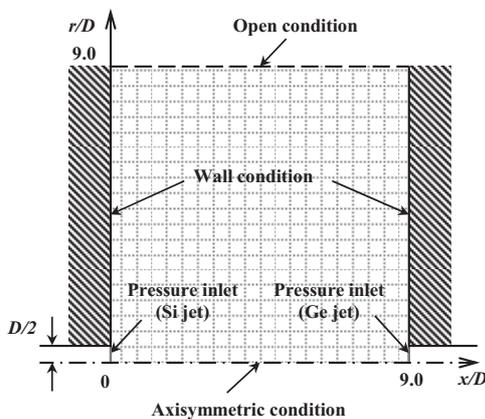
上式の従属変数ベクトル  $\mathbf{U}$ , 非粘性ベクトル  $\mathbf{F}$ ,  $\mathbf{G}$  および軸対称ベクトル  $\mathbf{H}$  はそれぞれ

$$\mathbf{U} = \begin{pmatrix} \rho \\ \rho u \\ \rho v \\ e \end{pmatrix} \quad \mathbf{F} = \begin{pmatrix} \rho u \\ \rho u^2 + p \\ \rho uv \\ (e + p)u \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$\mathbf{G} = \begin{pmatrix} \rho v \\ \rho uv \\ \rho v^2 + p \\ (e + p)v \end{pmatrix} \quad \mathbf{H} = \frac{1}{r} \begin{pmatrix} \rho v \\ \rho uv \\ \rho v^2 \\ (e + p)v \end{pmatrix}$$

で表示される。ここで、 $\rho$  は密度、 $u$  および  $v$  はそれぞれ  $x$  および  $r$  方向の速度成分、 $p$  は圧力、 $e$  は単位体積あたりの全エネルギーを表している。

図1に本計算で用いた計算領域の概略を示す。 $x$  軸および  $r$  軸はそれぞれ圧力入口直径  $D$  で無次元化されている。境界条件として計算領域の圧力流入口を除く左および右端に壁条件を与えた。また流入、流出および軸対称条件をそれぞれ圧力流入口、計算領域の上端および中心軸に与えた。左および右端の圧力流入口からはレーザアブレーションにより噴出するブルームに相当する Si および Ge の非定常超音速ジェットが噴出する。表1にその条件を示す。なお、表1に示した値は実験結果<sup>(7)</sup>より算出したブルームの初速 18000m/s と同様の条件である。レーザアブレーションにより発生するブルームを非定常超音速ジェットに置き換えるために、Si および Ge ジェットは噴出から 50 ns でその噴出が止まるように設定した。さらに Ge ジェットの噴出を Si ジェットより遅らせることで、衝撃波がジェットに干渉するタイミングを変えることができる。この Ge ジェットの噴出遅延時間を  $t_d=0\sim 1000$  ns として計算をおこなった。また、計算領域内部には雰囲気ガスとして He ガスを設定した。雰囲気ガス圧および計算領域内部の初期温度はそれぞれ 2660 Pa および 300 K とした。



Injected jet diameter:  $D=1.0$  mm

Fig. 1 Flow field for the computation and boundary condition

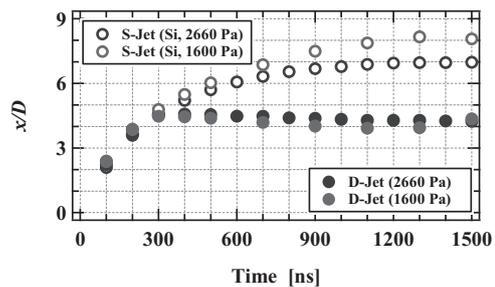
Table 1 Initial condition for pressure inlet

| Target | Total pressure [ Pa ] | Initial pressure [ Pa ] | Total temperature [ K ] |
|--------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|
| Si     | $18.2 \times 10^6$    | $0.91 \times 10^6$      | $320 \times 10^3$       |
| Ge     | $19.5 \times 10^6$    | $0.91 \times 10^6$      | $820 \times 10^3$       |

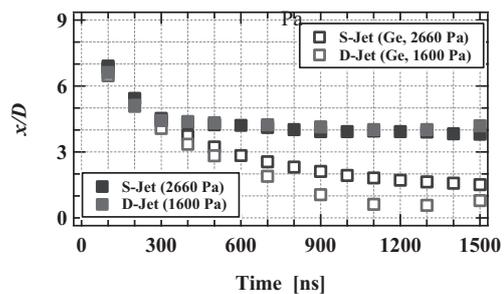
### 3. 結果および考察

#### 3.1 計算の妥当性の検証

本計算条件の妥当性を評価するために、図2(a)および(b)にそれぞれ Si および Ge ジェットの先頭位置をプロットしたグラフを示す。ここでは、便宜上 Si および Ge ジェットを単体で噴出させた場合を“S-Jet”，両者を噴出させた場合を“D-Jet”とよぶ。図中の赤および青のシンボルはそれぞれ雰囲気ガス圧  $P_b=1600$  および 2660 Pa におけるジェットの先頭位置を示している。図2(a)の○および●のシンボルはそれぞれ S-Jet および D-Jet の場合における Si ジェットの先頭位置を示している。同様に、図2(b)の□および■のシンボルはそれぞれ S-Jet および D-Jet の場合における Ge ジェットの先頭位置を示している。図2(a)より雰囲気ガス圧  $P_b=1600$  および 2660 Pa を比較して、Si ジェットの進展距離は  $t=400$  ns までほぼ一致していることがわかる。それ以上の時間においては高い雰囲気ガス圧のとき、Si ジェットの進展距離が短くなっていることがわかる。これは高い雰囲気ガス圧のとき、雰囲気ガスがジェットの進展をより阻害するためであると考えられる。さらに D-Jet において、どちらの雰囲気ガス圧の場合も Si ジェットが流れ場の中央で停滞していることがわかる。図2(b)より Ge ジェットにおいても Si ジェットと同様の現象が起きていることがわかる。これらの現象は同様の条件における DPLA の実験結果<sup>(7)</sup>と定性的に一致するため、本計算は妥当であると考えられる。



(a) Head position of Si jet for  $P_b=1600$  and 2660 Pa



(b) Head position of Ge jet for  $P_b=1600$  and 2660 Pa

Fig. 2 Calculated results of head position of S-Jet and D-Jet for background gas pressure  $P_b=1600$  and 2660 Pa.

3.2 代表的な流れ場

図3 (a)-(f) は Ge ジェットの噴出タイミング  $t_d=0$  ns, 雰囲気ガス圧  $P_b=2660$  Pa における代表的な流れ場を示している. この図の上半分は He の質量分率および等密度線図, 下半分は等温度線図で表されている. 図中の矢印は衝撃波の伝播方向を示している. 時間は Si ジェットが噴出した瞬間を  $t=0$  ns とする. 図3 (a) より, Si, Ge ジェットおよびジェットの急激な噴出により発生した衝撃波が確認できる. ここでは, 便宜上 Si および Ge ジェットの噴出により発生した衝撃波をそれぞれ “Si-SW” および “Ge-SW” とよぶ. 時間の経過とともに Si-SW および Ge-SW はそれぞれ Si および Ge ジェットをともなって右および左方向に進展する. 図3 (b) より, 両方の衝撃波が流れ場の中央まで進展し, 衝突していることが確認できる. また温度分布より, ジェット内部が低温になっていることがわかる. これはジェットの断熱膨張により, ジェット内部が冷却されたためであると考えられる. その後, 図3 (c) より両方の衝撃波は Ge および Si ジェットの内部を通過していることが確認できる. 図3 (d) より Si-SW および Ge-SW は右および左壁面まで進展を続けることが確認できる. 一

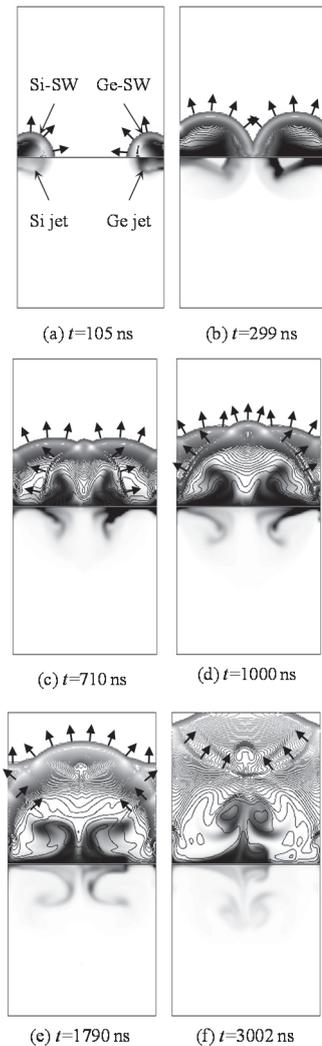


Fig. 3 He mass fraction, density and temperature contours at each elapsed time for  $t_d=0$  ns. The upper half in each image shows density contours and He mass fraction, and lower half in each image shows temperature contours

方, Si および Ge ジェットは雰囲気ガスによるジェットの進展の阻害およびそれぞれの衝撃波の通過により流れ場の中央付近で停滞していることが確認できる. 図3 (e) より, Si-SW および Ge-SW は両壁面で反射し, 進展の方向を反対の壁に向けて変化させていることがわかる. そして, 反射した Si-SW および Ge-SW が再度 Ge および Si ジェットを通過していることを確認できる. またこのとき, 停滞していた Si および Ge ジェットが流れ場の中央で衝突していることを確認できる. これは, 反射したそれぞれの衝撃波がそれぞれのジェットを通過することにより, それぞれのジェットの流れが中央に向けて誘起されたためであると考えられる. その後, 図3 (f) より衝突した Si および Ge ジェットが垂直方向に渦をともなって進展していることが確認できる.

He の質量分率および等密度線図より時間の経過とともに衝撃波がジェットに干渉していることがわかった. そこで衝撃波がジェットに干渉することでジェットに与える影響をより詳細に調べるために, 図4 (a)-(c) に Ge ジェットの噴出タイミング  $t_d=0$  ns, 雰囲気ガス圧  $P_b=2660$  Pa における流れ場, 流れ場の中心軸上の温度分布および速度分布を示す. 図中の矢印は衝撃波の伝播方向を示している. 図4 (a) は Si ジェットが噴出してから 200 ns 後の流れ場を示している. この図より  $x/D=0.0\sim 2.3$  および  $6.7\sim 9.0$  における温度がジェット先端と比べて低いことがわかる. これはジェットが急激に噴出し, 断熱膨張したためにジェット内部が冷却されたためであると考えられる. 図4 (b) は Ge ジェットの噴出タイミング  $t_d=0$  ns の流れ場において, ジェット内部の温度がピークに達した瞬間の流れ場を示している. この図より  $x/D=2.2$  および  $6.6$  において温度が急激に増加していることがわかる. ジェット内部における温度の急激な増加は, 衝撃波の一種であるマッハディスクがジェット内部に発生したためであると考えられる. マッハディスクには超音速流れがマッハディスクを通過した際に, 流れを亜音速まで減速させて圧縮することでその温度を増加させるという性質がある<sup>(8),(9)</sup>. この流れ場においても温度が急激に増加している位置において速度の急激な減少が確認できる. したがって, マッハディスクの発生により急激な温度の増加および速度の減少が確認できたと考えられる. 図4 (c) は Si ジェットの噴出から 628

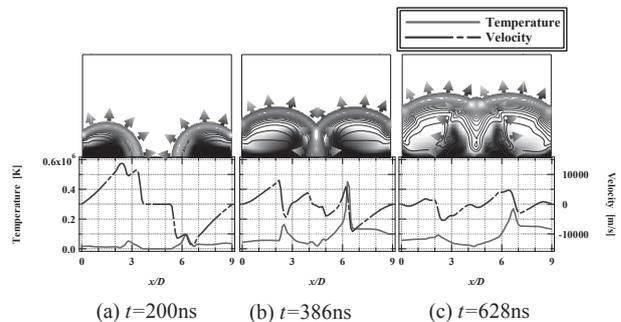


Fig. 4 He mass fraction and density contours, temperature and axial velocity distribution along horizontal axis for  $t_d=0$  ns. The upper half in each figure illustrates He mass fraction and density contours and the lower each figure illustrates the temperature and axial velocity distribution along horizontal axis.

ns 後の流れ場を示している. この図より  $x/D=2.2$  および  $6.7$  に温度のピークが確認できる. Si-SW および Ge-SW の位置がそれらの温度上昇位置に近いことから, これらの温度上昇は衝撃波の通過によるものであると考えられる.

### 3.3 Ge ジェットの噴出タイミングの影響

前述より, ジェットの温度はジェット内部に発生するマッハディスクおよび衝撃波の通過により増加することがわかった. 次に Ge ジェットの噴出遅延時間を変えることで, 衝撃波がジェットに与える影響を調べるために, 図 5 (a)-(c) に Ge ジェットの噴出遅延時間  $t_d=750$  ns, 雰囲気ガス圧  $P_0=2660$  Pa における流れ場, 中心軸上の温度および速度分布を示す. 図 5 (a) は Si-SW が Ge ジェットの先端に到達した瞬間を示している. この図より Ge ジェットが Si ジェットより遅れて噴出している様子が確認できる. 図 5 (b) は Si-SW が Ge ジェットの内部を通過した瞬間の流れ場を示している. このとき, Ge ジェット内部において急激な温度上昇が確認できる. これは, 衝撃波による温度上昇およびマッハディスクによる温度上昇の位置が重なったためであると考えられる. 図 5 (c) より, Ge ジェット内部を通過する衝撃波により温度のピークは高温を維持しつつ, Ge ジェットの後方に移動することがわかる.

図 4 (b) および図 5 (b) より, Ge ジェットの噴出遅延時間を変えることで, 衝撃波とマッハディスクの干渉タイミングが変化し, ジェット内部のピーク温度の値を大きく増加させることがわかった. そこで, Ge ジェットの噴出遅延時間がジェットのピーク温度に与える影響を調べるために, 図 6 に Ge ジェットの噴出遅延時間とジェットのピーク温度の関係を示す. また, この図は Si および Ge ジェットのみを噴出させた場合におけるジェットのピーク温度も示している. 図より  $t_d=0\sim 750$  ns の場合, ピーク温度は Ge ジェットの噴出遅延時間を大きくすると高くなることわかる. そして, ピーク温度は Ge ジェットの噴出遅延時間  $t_d=750$  ns において最大となり, Ge ジェットの噴出遅延時間をさらに大きくすると温度は低くなることわかる. また, Ge ジェットの噴出遅延時間  $t_d=750$  ns のとき, Ge ジェットのみ噴出させた場合のピーク温度の約 3 倍のピーク温度が得られることがわかった.

ジェットピーク温度は噴出遅延時間を変えることで制御できることがわかった. これは遅延時間を変えることで衝撃波とマッハディスクの干渉時間および位置が変化し

ためだと考えられる. そこでそれぞれの噴出遅延時間におけるジェットピーク出現時のマッハディスク - 衝撃波間距離  $L/D$  とジェットピーク温度の関係を図 7 に示す. 図よりマッハディスク - 衝撃波間距離  $L/D=0.15\sim 0.48$  の場合, ジェットピーク温度は  $L/D$  が長くなるとほぼ直線的に低くなる. これより衝撃波の通過による温度上昇とマッハディスクによる温度上昇の位置が近いほど温度は高くなると考えられる. また  $L/D=0.68\sim 1.40$  の場合, ジェットピーク温度はほぼ一定になることがわかった. したがって, ジェットピーク温度はジェット噴出遅延時間ではなく, 遅延により変化するマッハディスク - 衝撃波間距離に依存すると考えられる.

## 4. 結言

本研究では, 対向する非定常超音速ジェット, 衝撃波および衝撃波とジェットの干渉について二次元軸対称圧縮性オイラー方程式を用いて調べた. 数値計算のパラメータは Ge ジェットの噴出遅延時間である. 本研究の目的は, 衝撃波がジェットを通過するタイミングを変えることでジェットの温度に与える影響を明らかにすることである. 得られた結論は以下のとおりである.

- (1) Ge ジェットの噴出遅延時間  $t_d=0\sim 1000$  ns において, マッハディスクが Si および Ge ジェット内部に発生することがわかった.
- (2) Ge ジェットの噴出遅延時間  $t_d=0\sim 1000$  ns において, ジェットの温度はジェットの噴出により発生した衝撃波が対向するジェットを通過することで増加することがわ

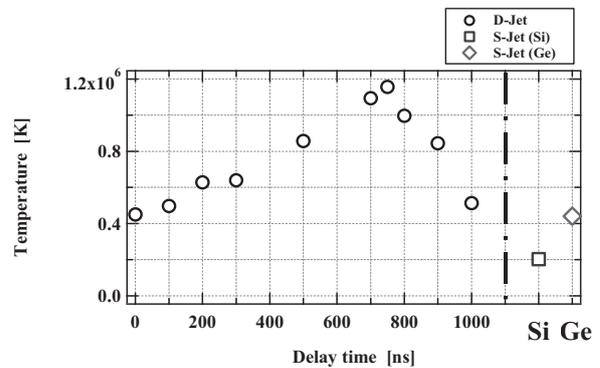


Fig. 6 Relation between maximum temperature and delay time.

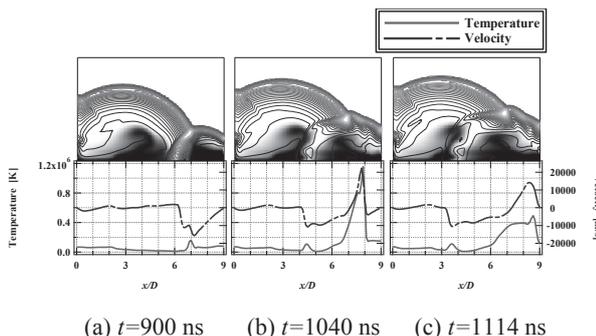


Fig. 5 He mass fraction and density contours when Ge jet is injected 750 ns after injection of the Si jet.

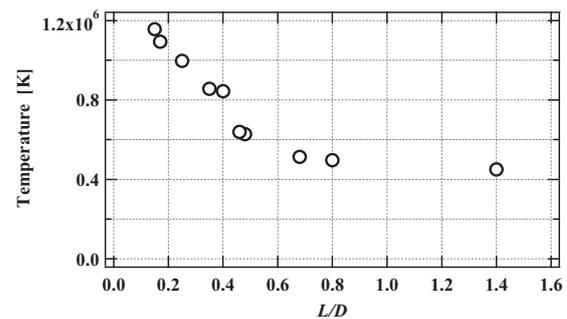


Fig. 7 Variation of maximum temperature with distance between shock wave and mach disk

かった。さらに、ジェット内部にマッハディスクが発生することでジェットの温度は上昇することがわかった。

(3) Ge ジェットの噴出遅延時間  $t_d=0\sim 750$  ns の範囲において Ge ジェットの噴出遅延時間を遅らせることで、ジェットの噴出で生じた衝撃波による温度上昇の位置とジェット内部で発生したマッハディスクによる温度上昇の位置が近づきピーク温度は増加する。そして Ge ジェットの噴出遅延時間  $t_d=750$  ns のときにピーク温度は最大となり、Ge ジェットの噴出遅延時間  $t_d=800\sim 1000$  ns の間で Ge ジェットの噴出遅延時間を遅らせるとピーク温度は減少することがわかった。

#### 参考文献

- (1) 電気学会, レーザアブレーションとその応用, (1999), pp.247-248, コロナ社.
- (2) V. Ya. Bratus, S. M. Okulov, É. B. Kaganovich, I. M. Kizyak, and É. G. Manoliv, ESR Studies of Nanocrystalline Silicon Films Obtained by Pulsed Laser Ablation of Silicon Targets, *Semiconductors*, **38**, pp. 621-625, 2004.
- (3) B. R. Tull, J. E. Carey, M. A. Sheehy, C. Friend and E. Mazur, Formation of silicon nanoparticles and web-like aggregates by femtosecond laser ablation in a background gas, *Applied Physics. A*, **83**, pp. 341-346, 2006.
- (4) I. Umezu, Y. Nakayama and A. Sugimura, Formation of core-shell structured silicon nanoparticles during pulsed laser ablation, *Journal of Applied Physics*, **107**, pp. 094318-094318-3, 2010.
- (5) I. Umezu, S. Yamamoto and A. Sugimura, Emission induced by collision of two plumes during pulsed laser ablation, *Applied Physics A*, **101**, pp. 133-136, 2010.
- (6) I. Umezu, N. Sakamoto, H. Fukuoka, Y. Yokoyama, K. Nobuzawa and A. Sugimura, Effects of collision between two plumes on plume expansion dynamics during pulsed laser ablation in background gas, *Applied Physics A*, **110**, pp. 629-632, 2012.
- (7) 横山泰寛, 延澤功一郎, 福岡寛, 杉村陽, 梅津郁朗, ダブルレーザーアブレーション法による複合ナノ結晶の作成, 第72回応用物理学会学術講演会 講演予稿集, (2011秋, 山形大学), **1a-B-10**.
- (8) A. V. Bulgakov and N. M. Bulgakova, Gas-dynamic effects of the interaction between a pulsed laser-ablation plume and the ambient gas: analogy with an underexpanded jet, *Journal of Physics D: Applied Physics*, **31**, pp. 693-703, 1998.
- (9) P. Dubs, M. Khalij, R. Benelmir and A. Tazibt, Study on the dynamical characteristics of a supersonic high pressure ratio underexpanded impinging ideal gas jet through numerical simulations *Mechanics Research Communications*, **38**, pp. 267-273, 1998.

## 閉空間内における水中衝撃波の挙動に関する研究

福岡 寛, 関 悠介\*

### Study on Behavior of Underwater Shock Wave in Enclosed Vessel

Hiroshi FUKUOKA, Yusuke SEKI

We are developing a food processing system by using the underwater shock wave. The effect of a underwater shock wave on the pressure in the vessel is the important factor for the food processing system. The purpose of this study is to research the behavior of the underwater shock wave in the enclosed vessel to investigate the influence of the contour and volume of the vessel. Moreover, we reserch the effect of silicone tube set in the vessel on the pressure generated by underwater shock wave. In this research, we used the elliptical shape for the vessel and the explosive was used to generate the shock wave. Numerical calculations were carried out by using LS-DYNA. To investigate the effect of the contour of the elliptical vessel, the ratio of the length of the major axis to minor axis of the elliptical and elliptical volume were changed. And we make the numerical calculation model that have a silicone tube to investigated the effect of the silicone tube on the underwater shock wave. As a result, the underwater shock wave generated at the first focal point of the elliptical vessel was converged at the second focal point. At the same time, the pressure was increased by the converged underwater shock wave at the focal point in the all elliptical vessels. The peak of the pressure at the focal point was determined by the contour and the volume of the elliptical vessel and thickness of the silicone tube.

#### 1. 緒言

日本における米の消費量は1962年から2010年にかけて半減しており、現在も減少し続けている<sup>(1)</sup>。これは食の多様化によりパンや麺などの小麦粉製品の需要が高まったことが大きく影響していると考えられる。このような状況で、米の需要を高めるために、米粉を利用する動きがある<sup>(2)</sup>。米粉とは米粒を粉末状にしたものである。米粉は小麦粉製品を製造する際に、小麦粉の代替となることができる。したがって、小麦粉を米粉で代替することで米の消費量は増加すると考えられる。また米粉を用いることにより食感のよい製品が製造できると報告されており、今後、米粉の需要は高まっていくと考えられる<sup>(3)</sup>。しかし、従来の米粉製造方法には2つの問題点がある。第1に、米粉の製造方法は浸水工程、米粒の粉砕および乾燥工程など様々な工程が必要であることが挙げられる<sup>(4)</sup>。これにより、米粉を作るために、大規模な装置および時間が必要となる。したがって米粉を製造するために必要な費用は高くなると考えられている。第2に、従来の米粉製造方法では米粒を粉末状にする際に摩擦による熱が発生することが挙げられる<sup>(5)</sup>。これにより、米粉の品質は低下すると考えられている。

伊東らによって従来の米粉製造方法の問題点を改善した新しい米粉製造法が提案されている<sup>(4)</sup>。この手法は、水で満たされた楕円体容器内で発生させた衝撃波を米粒に作用させ、粉砕する手法である。図1にこの手法で用いる米粉製造装置を示す。米粉製造装置は給水タンク、排水タンク、楕円体容器、電極およびシリコンチューブにより構成されている。電極は水で満たされた楕円体容器内において衝撃波を発生させるために用いられており、米粒はシリコンチューブ内に充填されている。電極およびシリコンチューブはそれぞれ楕円体容器の第1焦点および第2焦点を通過するように取り付けられている。また、水中で発生させた衝撃波を特に水中衝撃波と呼ぶ。この手法は従来の米粉製造方法に比べ、製造工程数が少ない。さらに、米粒は水中衝撃波によるスポーリング破壊によって一瞬で粉砕されるので、摩擦による熱の影響なしに、粉砕することが可能である。したがって、低予算で高品質な米粉を製造することができると考えられている。

水中衝撃波の収束に関して、様々な研究がなされている。高山らは楕円体容器内で発生させた水中衝撃波の収束現象について報告している<sup>(6)</sup>。これによると、楕円体容器の焦点で発生させられた水中衝撃波は楕円体容器の他方の焦点で収束する。そして、その水中衝撃波が収束することによって、瞬間的な圧力上昇が焦点において発生することが報告されている。

\* 機械制御工学専攻2年

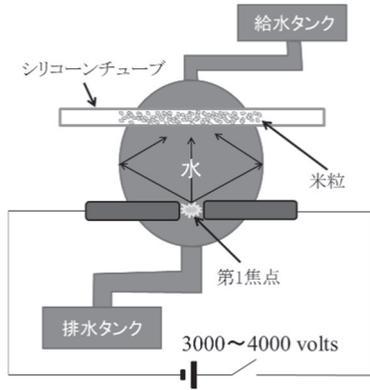


Fig.1 Manufacturing equipment of rice powder

比嘉らの研究では、米粉製造に用いる楕円体容器内における水中衝撃波の挙動を実験により観測している<sup>(7)</sup>。その結果、水中衝撃波の速度を算出することに成功している。しかしながら、楕円体容器の形状、体積および楕円体容器内に設置されているシリコンチューブが水中衝撃波の挙動および収束に与える影響はいまだ調べられていない。この影響を調べることは米粉製造法のさらなる改善において非常に重要であると考えられるが、楕円体容器の形状および体積を実験的に変更することは非常に困難である。

本研究の目的は実験的に変更が困難な楕円体容器の形状、体積および楕円体容器に設置されているシリコンチューブが、水中衝撃波の挙動および収束に与える影響について数値解析を用いて米粉製造装置作成における設計指針を得ることである。

## 2. 数値解析法

### 2.1 状態方程式

本研究では流体構造連成シミュレーションソフト LS-DYNA を用いて数値解析をおこなった。また計算方法にオイラー法を用いた。本解析では爆薬の爆発を用いて水中衝撃波を発生させた。爆薬には旭化成ケミカルズ(株)製の SEP を適用した。水および SEP にはそれぞれ Mie-Grüneisen 状態方程式および Jones-Wilkins-Lee (JWL) 状態方程式を適用した。Mie-Grüneisen 状態方程式を式 (1) に示す。

$$P = \frac{\rho_0 C^2 \mu \left[ 1 + \left( 1 - \frac{\Gamma_0}{2} \right) \mu \right]}{[1 - (S-1)\mu]^2} + \Gamma_0 \rho_0 e \quad (1)$$

ただし

$$\mu = \frac{\rho}{\rho_0} - 1 \quad (2)$$

式 (1) および (2) 中の  $e$ ,  $\rho_0$ ,  $C$ ,  $\Gamma_0$  および  $S$  はそれぞれ比内部エネルギー、密度、音速、Grüneisen 係数および  $U_s$ - $\mu_p$  曲線の係数である。また、 $\rho_0$ ,  $C$ ,  $\Gamma_0$  および  $S$  は材料

定数である。本数値解析で Mie-Grüneisen 状態方程式が適用された水に対する各定数を表 1 に示す<sup>(8)</sup>。

Table1 Parameters of Mie-Grüneisen equation of state for water

| $\rho_0$ [kg/m <sup>3</sup> ] | $C$ [m/s] | $S$  | $\Gamma_0$ |
|-------------------------------|-----------|------|------------|
| 1000                          | 1490      | 1.79 | 1.65       |

JWL 状態方程式を式 (3) に示す。

$$P = A \left[ 1 - \frac{\omega}{VR_1} \right] \exp(-R_1 V) + B \left[ 1 - \frac{\omega}{VR_2} \right] \exp(-R_2 V) + \frac{\omega E}{V} \quad (3)$$

ただし

$$V = \frac{\rho_e}{\rho_0} \quad (4)$$

式 (3) および (4) 中の  $\rho_0$ ,  $\rho_e$  および  $A$ ,  $B$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $\omega$  はそれぞれ爆薬の初期密度、爆ごうガスの密度および JWL パラメータと呼ばれる定数である。本数値解析で JWL 状態方程式が適用された SEP に対する各定数を表 2 に示す<sup>(9)</sup>。

Table2 Parameters of JWL equation of state for SEP

| $\rho_0$ [kg/m <sup>3</sup> ] | $A$ [GPa] | $B$ [GPa] | $R_1$ | $R_2$ | $\omega$ |
|-------------------------------|-----------|-----------|-------|-------|----------|
| 1310                          | 365       | 2.31      | 4.3   | 1.0   | 0.28     |

### 2.2 楕円体の形状および体積の変更

図 2 に楕円体の形状および体積が水中衝撃波の挙動および収束に与える影響を調べるためにシリコンチューブを除いた楕円体容器の数値解析モデルを示す。解析モデルの境界条件として楕円体容器の壁面および中心軸にそれぞれ壁条件および軸対称条件を適用した。図 2 中の  $L$  は式 (5) によって算出される楕円体容器の第 1 焦点と原点間の距離である。式 (5) 中の  $D_l$  および  $D_s$  はそれぞれ楕円体容器の長径および短径の長さである。楕円体容器の形状は  $D_l$  および  $D_s$  によって決定される。楕円体容器の形状が水中衝撃波の挙動および収束に与える影響を調べるために、長径と短径の比  $D_l/D_s$  を体積  $V_l = 1.61 \times 10^6 \text{ mm}^3$  一定の下で 1.05, 1.14, 1.25, 1.37, 1.47, 1.59 および 1.82 に変更し、7 種類の楕円体容器で解析をおこなった。また、楕円体容器の体積が水中衝撃波の収束に与える影響を調べるために、 $V/V_l$  を 1.00, 2.00, 3.00 に変更して解析をおこなった。ここで、 $V$  および  $V_l$  はそれぞれ変更後の楕円体容器の体積および基準楕円体容器の体積である。また、基準楕円体容器の  $D_l$  および  $D_s$  はそれぞれ 83.85 mm および 80.0 mm である。全ての解析において、爆薬の大きさおよび要素密度  $N_E$  はそれぞれ 5 mm x 5 mm および 2.15 element/mm<sup>2</sup> とした。

$$L = \sqrt{D_l^2 - D_s^2} \quad (5)$$

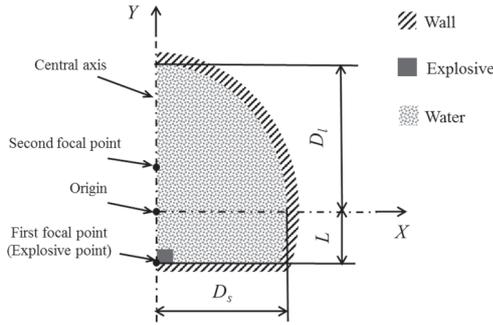


Fig.2 Numerical calculation model

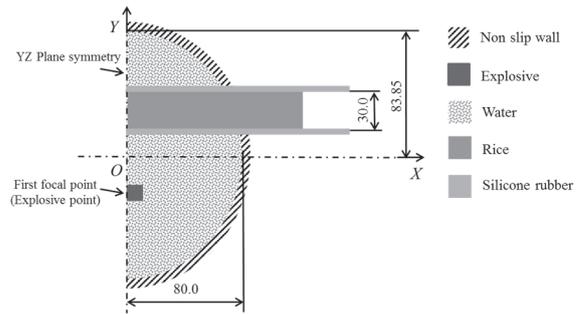


Fig.3 Numerical calculation model

2.3 シリコンチューブの厚みを考慮した場合

シリコンチューブの厚みが水中衝撃波の挙動および収束に与える影響を調べるために、楕円体容器の第2焦点に米が充填されたシリコンチューブを設置した数値解析モデルを図3に示す。解析モデルは2次元モデルとした。境界条件として中心面および楕円体容器の壁面に面対称条件および壁条件を適用した。本研究の解析モデルでは、米粒を1粒ずつ再現することは困難であるため、米粒が隙間なくシリコンチューブに充填されているものとした。また、シリコンチューブの厚みを2,3,4および5mmに変更し、チューブ内に発生する最高圧力の変化を調べた。本研究で使用した米およびシリコンチューブの材料定数を表3に示す<sup>(10),(11)</sup>。表3中のE、νおよびρはそれぞれ縦弾性係数、ポアソン比および密度である。

Table3 Parameters for silicone tube and rice

|               | E [MPa] | ν      | ρ [kg/m <sup>3</sup> ] |
|---------------|---------|--------|------------------------|
| Silicone tube | 4.960   | 0.4500 | 1230                   |
| Rice          | 123.8   | 0.3900 | 1558                   |

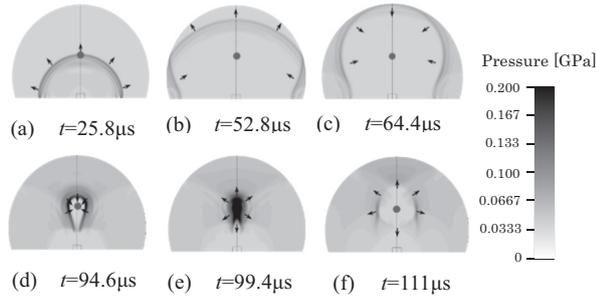
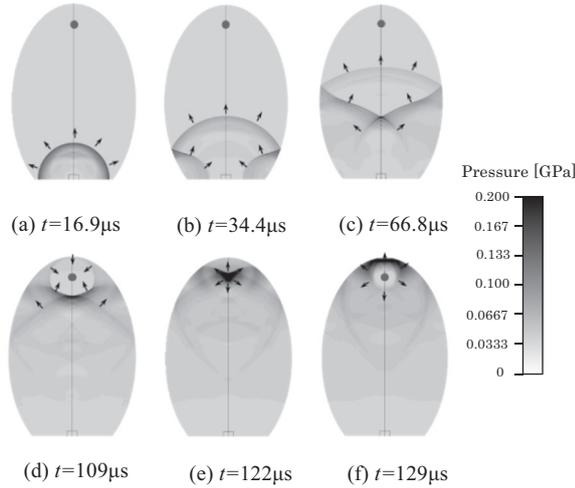
3. 結果および考察

3.1 楕円体の形状が水中衝撃波の挙動および収束に与える影響

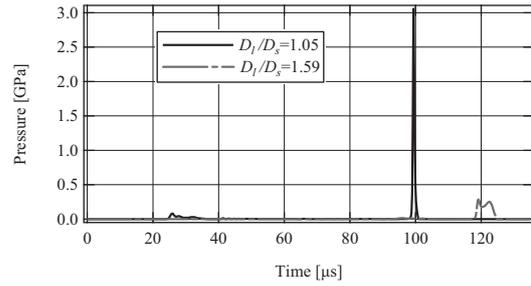
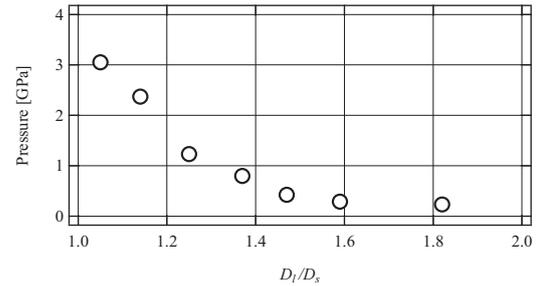
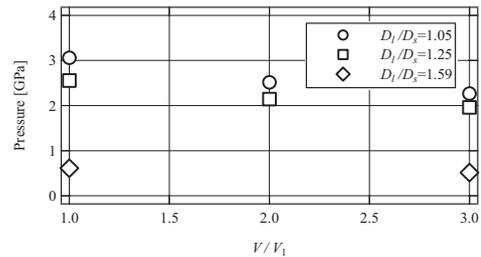
図4(a)~(f)に  $D_1/D_2=1.05$  の楕円体容器内における水中衝撃波の挙動を示す。図4は水中衝撃波の挙動を圧力分布によって示している。また図4中の矢印および赤点はそれぞれ水中衝撃波が伝播する方向および楕円体容器の第2焦点を示している。時間  $t$  は爆薬が爆発する瞬間を  $t=0$  としている。図4(a)は爆薬の爆発によって球状の水中衝撃波が発生していることを示している。図4(b)においては、球状の水中衝撃波が左右の壁面で反射していることが確認できる。図4(c)では、水中衝撃波が楕円体容器の上端に到達していることが確認できる。同時に、壁面で反射した水中衝撃波が焦点に向けて伝播していることが確認できる。図4(d)は、壁面で反射した水中衝撃波が楕円体容器の第2焦点付近で収束する直前を示している。そして図4(e)では、水中衝撃波が楕円体容器の第2焦点付近に収束していることが確認できる。その後図4(f)のように第

2焦点付近で収束した水中衝撃波が再び広がり、楕円体容器内を伝播する様子が確認できる。図4より  $D_1/D_2=1.05$  の楕円体容器内において、第1焦点から発生した水中衝撃波は楕円体容器の第2焦点付近で収束することがわかった。次に、楕円体容器の形状が水中衝撃波の挙動に与える影響を調べるために、図5(a)~(f)に  $D_1/D_2=1.59$  の楕円体容器内における水中衝撃波の挙動を、圧力分布を用いて示す。図4と同様に、矢印および赤点はそれぞれ水中衝撃波が伝播する方向および楕円体容器の第2焦点を示している。図5(a)では球状の水中衝撃波が楕円体容器内において発生していることが確認できる。図5(b)では水中衝撃波が左右の壁面に到達し、反射していることが確認できる。図5(c)では壁面で反射した水中衝撃波が中心軸上で交わっていることが確認できる。また、図5(b)において壁面で反射した水中衝撃波が反対の壁面に向けて伝播している様子が確認できる。図5(d)では水中衝撃波が楕円体容器上端の壁面に到達し、左右の壁面で反射した水中衝撃波が楕円体容器の第2焦点付近に近づいている様子が確認できる。また、矢印のように、水中衝撃波の一部が焦点に向けて伝播していないことが確認できる。そして図5(e)で水中衝撃波は楕円体容器の第2焦点付近で収束していることがわかる。また矢印から、一部の水中衝撃波は焦点に収束していないことが確認できる。その後、図5(f)のように、収束した水中衝撃波は再び広がり、楕円体容器内を伝播していることが確認できる。

図4および図5より楕円体容器の形状によって、水中衝撃波の挙動に違いがあることがわかった。次に、楕円体容器の形状が水中衝撃波の挙動および収束に与える影響を定量的に調べるために、 $D_1/D_2=1.05$  および  $1.59$  のそれぞれの楕円体容器の第2焦点における圧力変動を図6に示す。図6中の黒線および赤線はそれぞれ  $D_1/D_2=1.05$  および  $1.59$  の場合の結果である。 $D_1/D_2=1.05$  の場合において、2つの圧力上昇が確認できる。1つ目の圧力上昇は  $t=24.6\mu s$  で発生している。これは水中衝撃波が第2焦点を通過した際に発生した圧力上昇である。2つ目の圧力上昇は  $t=98.6\mu s$  で発生している。これは水中衝撃波が第2焦点付近で収束したために発生した圧力上昇である。同様に  $D_1/D_2=1.59$  の場合において2つの圧力上昇が存在する。1つ目の圧力上昇は  $t=92.6\mu s$  で発生している。これは、 $D_1/D_2=1.05$  の1つ目の圧力上昇と同様に水中衝撃波が第2焦点を通過することによって発生する圧力上昇である。2つ目の圧

Fig.4 Pressure contours for  $D_l/D_s = 1.05$ Fig.5 Pressure contours for  $D_l/D_s = 1.59$ 

力上昇は  $t=118\mu\text{s}$  で発生している。これは  $D_l/D_s=1.05$  の2つ目の圧力上昇と同様に、水中衝撃波が第2焦点付近で収束したために発生した圧力上昇である。 $D_l/D_s=1.59$  の1つ目の圧力上昇は  $D_l/D_s=1.05$  の場合より低かった。これは  $D_l/D_s=1.05$  の場合に比べ、 $D_l/D_s=1.59$  の場合に、第2焦点に到達する水中衝撃波が減衰したためであると考えられる。水中衝撃波は伝播する距離が長くなるほど減衰する。そして、体積を一定とし、楕円体容器を細長くすると、楕円体容器の第1焦点と第2焦点間の距離は長くなる。よって、 $D_l/D_s$  が大きくなることで、楕円体容器が細長くなり、水中衝撃波が楕円体容器の第2焦点に到達するまでの距離が長くなったため、 $D_l/D_s=1.59$  の楕円体容器における1つ目の圧力上昇は低くなったと考えられる。2つ目の圧力上昇は  $D_l/D_s=1.05$  および  $1.59$  でそれぞれ  $3.05\text{GPa}$  および  $0.674\text{GPa}$  に到達し、 $D_l/D_s=1.59$  の圧力上昇の方が低くなった。これは楕円体容器が細長くなることにより、水中衝撃波が焦点に集まりにくくなったためであると考えられる。水中衝撃波は球状に伝播する。よって、真球の中心で発生した水中衝撃波は中心に収束すると考えられる。しかし  $D_l/D_s$  を大きくすると、楕円体は細長くなり、真球から遠ざかっていく。よって  $D_l/D_s$  を大きくすると楕円体内で反射する水中衝撃波の形状は、球状から遠ざかっていく。そして図5(c)および(d)のように、壁面で反射した水中衝撃波の一部が焦点に向けて伝播せず、反対方向の壁面に向けて伝播する。したがって、 $D_l/D_s$  を大きくすると、壁面間を往復する水中衝撃波が増えるため、図5(e)のように、全ての水中衝撃波が同じ時間に第2焦点付近に収束し

Fig.6 Pressure variations at each focal point for  $D_l/D_s = 1.05$  and  $1.59$ Fig.7 Relation between pressure and  $D_l/D_s$  at focal pointFig.8 Relation between  $V/V_1$  and Maximum pressure

なくなる。よって、第2焦点における圧力上昇は低くなったと考えられる。

詳細に楕円体容器の形状が水中衝撃波により発生する圧力に与える影響を調べるために、図7に  $D_l/D_s$  と各楕円体容器の第2焦点において収束水中衝撃波によって発生した圧力の関係を示す。図7より、 $D_l/D_s$  が大きくなると収束水中衝撃波によって発生する圧力は低くなることが確認できる。これは上述のように、 $D_l/D_s$  が大きくなり楕円体容器が細長くなると、全ての水中衝撃波が同じ時間に第2焦点付近に収束しなくなるためだと考えられる。

### 3.2 楕円体の体積が水中衝撃波の収束に与える影響

上述より、楕円体容器の形状が水中衝撃波の収束により発生する圧力に影響を与えることがわかった。次に楕円体容器の体積が水中衝撃波の収束により発生する圧力に与える影響を調べるために、楕円体容器の形状を一定とし、その体積を変更した。図8に水中衝撃波が収束することによって発生する圧力と  $V/V_1$  の関係を示す。 $V$  および  $V_1$  はそれぞれ、変更後の楕円体容器の体積および基準楕円体容器の体積である。図8中の丸、四角形およびひし形の記号はそれぞれ、 $D_l/D_s=1.05$ 、 $1.25$  および  $1.59$  の楕円体容器の

結果を表している。図8より、 $V/V_1$ を大きくすると水中衝撃波の収束によって発生する圧力は低くなっていることが確認できる。これは、楕円体容器の体積を増加させると、水中衝撃波が第2焦点付近に収束するまでに伝播する距離が増え、水中衝撃波が減衰したためであると考えられる。

### 3.3 シリコンチューブが水中衝撃波により発生する圧力に与える影響

3.1および3.2節より、楕円体容器の形状および体積が水中衝撃波の収束に影響を与えることが分かった。次に、楕円体容器内に設置されたシリコンチューブが水中衝撃波の挙動および収束に与える影響を調べるために楕円体容器に米を充填したシリコンチューブを設置した場合における水中衝撃波の挙動を調べた。図9に楕円体容器にシリコンチューブを設置した場合の水中衝撃波の挙動を示す。図9(a)より、爆発によって水中衝撃波が発生していることが確認できる。図9(b)では、シリコンチューブに到達した水中衝撃波が、シリコンチューブ内を伝播する透過波および反射波に分かれていることが確認できる。図9(c)では楕円体容器下端で水中衝撃波が反射している様子が確認できる。またシリコンチューブを透過した衝撃波が米部内を伝播している様子が確認できる。図9(d)では楕円体容器下端で反射した水中衝撃波が楕円体容器の焦点に向けて伝播している様子が確認できる。また、シリコンチューブ内を透過した衝撃波が、シリコンチューブを通過し、楕円体容器上端壁面へ向けて伝播している様子が確認できる。図9(e)では楕円体容器上端および楕円体容器下端の壁面で反射した水中衝撃波

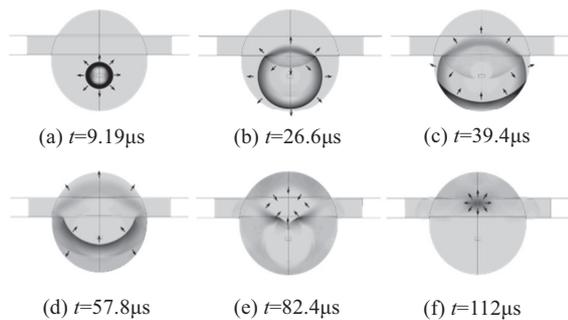


Fig.9 Pressure contours for model added silicone tube

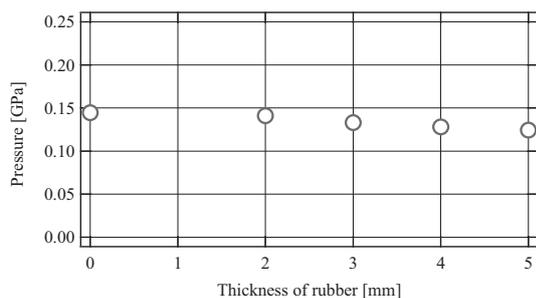


Fig.10 Relation between Thickness of rubber and Maximum pressure in the tube

がチューブ内に集まっている様子が確認できる。そして図9(f)のようにチューブ内において衝撃波が収束していることが確認できる。

図9より水中衝撃波は物質の境界面において物質を通過する透過波および反射波に分かれることがわかった。次にシリコンチューブの厚みが、衝撃波が収束することによって発生する圧力に与える影響を調べるために、図10に衝撃波が収束することによって発生する圧力とシリコンチューブの厚みの関係を示す。図10より、シリコンチューブの厚みが大きくなると、シリコンチューブ内における最高圧力は低くなることが確認できる。これは、シリコンチューブの厚みが大きくなることで、収束衝撃波が減衰するためであると考えられる。

## 4. 結論

本研究の目的はLS-DYNAを用いて、米粉製造法の改善のために、楕円体容器の形状、体積および設置されたシリコンチューブが水中衝撃波の挙動および収束に与える影響を数値解析により調べることであった。本研究では、楕円体容器の形状が、水中衝撃波の挙動に与える影響を調べるために、楕円体容器の長径と短径の比 $D_l/D_s$ を体積一定の下で1.05, 1.14, 1.25, 1.37, 1.47, 1.59および1.82に変更し解析をおこなった。また、楕円体容器の体積が水中衝撃波の収束に与える影響を調べるために、 $D_l/D_s=1.05, 1.25$ および1.59の楕円体容器の体積を2倍, 3倍に変更し、解析をおこなった。そして、楕円体容器に設置されたシリコンチューブが水中衝撃波により発生する圧力に与える影響を調べるために、シリコンチューブの厚さを2,3,4および5mmに変更し、解析をおこなった。本研究により得られた結論を以下に示す。

(1)  $D_l/D_s=1.05, 1.14, 1.25, 1.37, 1.47, 1.59$ および1.82の楕円体容器において、第1焦点から発生した水中衝撃波は楕円体容器の第2焦点付近に収束することがわかった。

(2)  $D_l/D_s=1.05\sim 1.82$ の範囲で楕円体容器の形状を細長くすると、水中衝撃波が収束することにより第2焦点において発生する圧力は低くなることがわかった。これは楕円体容器の形状を細長くすることで、全ての水中衝撃波が同じ時間に第2焦点に収束しないためである。

(3)  $D_l/D_s=1.05, 1.25, 1.59$ の楕円体容器において、楕円体容器の体積を大きくすると、水中衝撃波が収束することによって発生する圧力は低くなることがわかった。これは、楕円体容器の体積を大きくすることで、水中衝撃波が第2焦点に収束するまでに伝播する距離が長くなるためである。

(4)  $D_l/D_s=1.05$ の楕円体容器において、2~5mmの間でシリコンチューブの厚さを大きくすると、チューブ内に発生する圧力は小さくなることがわかった。

## 参考文献

- (1) 吉井洋一, 本間紀之, 赤石隆一郎, 新潟県における米粉・米粉麺への取り組み, 日本食品科学工学会誌,

- Vol.58, No.5, pp.187-195, 2011.
- (2) 新井映子, 米の消費拡大に向けた・米粉の新たな加工技術の動向, 日本食品学会誌, Vol.22, No.3, pp.207-212, 2011.
- (3) 伊藤聖子, 木川梨沙, 新井映子, 米粉パンの老化に及ぼすイモ類粉末の影響, 日本調理科学会誌, Vol.46, No.4, pp.254-261, 2013.
- (4) K. Naha, K. Shimojima, Y. Miyafuji, S. Itoh, Design and Development of Pressure Vessel for Improvement of Manufacturing rice-powder Efficiency using Underwater Shock wave, Proceeding of the ASME 2012 Pressure Vessels & Piping Conference, PVP2012-78461, 2012.
- (5) 庄子真樹, 羽生幸弘, 毛利哲, 畑中咲子, 池田正明, 富樫千之, 藤井智幸, 製粉方法の異なる米粉の粉体特性と給水特性の評価, 日本食品科学工学会誌, Vol.59, No.4, pp.192-198, 2012.
- (6) 高山和喜, 小原哲郎, 斉藤和男, 亀島望, 水中衝撃波のフォーカシング現象と高圧発生のメカニズム, 日本機械学会論文集 B 編, Vol.56, No.526, pp.1579-1582, 1990.
- (7) O. Higa, R. Matsubara, K. Higa, Y. Miyafuji, T. Gushi, Y. Omine, K. Naha, K. Shimojima, H. Fukuoka, H. Maehara, S. Tanaka, T. Matsui, S. Itoh, Mechanical of the Shock Wave Generation and Energy Efficiency by Underwater Discharge, The International Journal of Multiphysics, 6, pp.89-98, 2012.
- (8) J. Kim, H. Shin, Application of the ALE technique for underwater explosion analysis of a submarine liquefied oxygen tank, Ocean Engineering, 35, pp.812-822, 2008.
- (9) Y. Kim, I. Tomoaki, S. Itoh, Microstructural, crystal structure and electrical characteristics of shock-consolidated Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ZnO bulk, Power Technology, 208, pp.575-581, 2011.
- (10) X. Lizhang, L. Yaoming, M. Zheng, Zhao Zhan, W. Chenghong, Theoretical analysis and finite element simulation of a rice kernel obliquely impacted by a threshing tooth, Biosystem Engineering, 114, 2, pp.146-156, 2013.
- (11) 木村竜司, 内山孝憲, 前野隆司, 把持力制御のための曲面状ひずみ分布センサの開発, 日本機械学会論文集 C 編, Vol.70, No.689, pp.83-88, 2011.

## 発話行為における「発話態度」

井上 次夫

### The utterance attitude in speech acts

Tsugio INOUE

発話の意味をどう捉えるか。このことについて、これまで多くの議論が行われているが、時に不明な場合がある。そこで、本稿では改めて「発話の意味」を「発話文の意味」と「発話行為の意味」に分類して考察する。前者の発話文の意味とは、発話の内容が表している文字通りの意味であり、主に形態論、統語論、語彙論、意味論などで扱われる対象である。一方、後者の発話行為の意味とは、話し手が発話によって意図する意味であり、主に伝達論、語用論において扱われる対象である。

本稿は、主に発話行為の構成要素について検討し、これに「意味づけ論」における「態度把握」、すなわち「発話態度」を新たに加えて発話の意味を考究すべきであると主張する。

#### 1. 「発話」の意味

まず、一般に「発話」とはどのようなものであろうか。手元の言語学辞典に「発話」の定義を求めると、次のようである。

##### (1) utterance (発話)

口を開いてものをいう行為。特に、同一の個人による任意の長さの談話で、前とあととが沈黙によって区切られ、文法的に独立性をもっているものをいう。一つの発話が一つの文から成っていることもあり、ふたつ以上の文をその中に含むこともある。また、発話という単位は、分析をなんらほどこしていない対象、つまり、そこから分析が出発すべき素材と考えられており、厳密な規定を伴うことなく用いられている場合が多い。

(安井稔編『新言語学辞典』1978)

##### (2) utterance 発話

(談話 DISCOURSE において) 別の人が始める前またはその後である人によって言われること。たとえば、発話は次のようなものからなる。

(a) 一語。たとえば次の対話における B の応答<sup>(1)</sup>。

A: Have you done your homework?

B: Year.

(b) 一文。たとえば A の問いと B の答え。

A: What's the time?

B: It's half past five.

(c) 二文以上。たとえば A の不平。

A: Look. I'm really fed up. I've told you several times to wash your hands before a meal. Why don't you do as you're told?

B: But, Mum, listen.....

(『ロングマン応用言語学用語辞典』1988)

(1) と (2) の両者は、発話が口を開いてものを言う行為である点では共通するが、その結果、もたらされる言語単位では異なる。つまり、(1) では任意の長さとしながらも、文を基本的単位と考えているのに対し、(2) では一語から二文以上までとし、語を含んでいる。しかし、本稿では、上記 (2) の (a) 一語の場合においても「文」と認めて一語文とする。それは、B の発話が言語形式としては語の単位であるとしても、A との対話においては質問に対して肯定する〈応答〉という「文」の機能を果たしているからである。

(3) 文が単位体として機能しうる領域は、発話行為といった言語活動である。文は、「発話」あるいは「文章」という領域で機能する単位体である。文は、発話や文章の材料的単位であるということから<sup>(2)</sup>

(仁田義雄『日本文法事典』1981)

(4) 単語連鎖が、言表態度、特に発話・伝達のモダリティを有するということは、まさにその単語連鎖が言語活動の場における構築物として機能する、ということである。言い換えれば、発話・伝達のモダリティが文の存在様式であるのは、文が

言語活動の基本的単位であることによっている。

(仁田義雄 1997)

つまり、「文」は、発話と文章のそれぞれにおいて機能しており、言語活動の基本的単位として位置付けることができる。語及び語の連鎖に「発話・伝達のモダリティ」が加わって「文」は成立する。従って、(2)の(a)におけるBの発話「Year:」は言語形式として語であっても、言語活動の中ではまぎれもなく「文」として認定されることになる。なお、一語文は、文の中にあつて特異な位置を占めるものではあるが、文であることには異論がない。また、語と文との違いについて最初に指摘した山田孝雄は、このことについて次のように述べている。

- (5) 「犬」の突然とあらはれたるを見て急に人に告げむとしては、委細を述ぶる違なくしてたゞ、犬犬といふ如く叫ぶこともあり。この時の「犬犬」といへるものは思想よりいへば、「犬見ゆ」「恐しき犬よ」「犬汝に逼れり」「注意せよ」などの意をあらはすものなれば、ある思想をあらはすに用ゐたるなり。かくの如くある思想をあらはすに用ゐたるものはこれ既に単語にあらずして、文と認むべきなり。  
(山田孝雄 1936:899)

すなわち、例えば「犬!」という一語文の意味は、語としての「犬」の語彙的意味(語義)を超えている。つまり、そこには話し手による、犬の発見の告知、犬に関する注意の喚起といった意図が託されていると考えられるのである。また、「発話」の語義<sup>9)</sup>が、眼前の相手に向かって、実際に口を開いて話す行為であり、その話された言葉であることから、発話は、行為としての発話と、話された産物としての発話に区別することが妥当である。従って、以下、前者の行為としての発話を「発話行為」、後者の産物としての発話を「産出發話」と呼ぶことにする。なお、産出發話は、発話行為の結果としてもたらされる音声言語の産物である。その構成は、一文から成ることもあれば、二文以上から成ることもある。このことから、「発話」における「産出發話」の構成要素は基本的に「文」とであると言うことができ、従って、以下、「産出發話」を「発話文」と呼ぶことにする。なお、文章中の「文」が統語論上の単位であるのに対し、「発話文」は伝達論上の基本的単位である。

以上の考察から、「発話」は、発話行為と発話文に下位分類することができる。しかし、「発話」の構成要素として「発話行為」と「発話文」とが同じ位置を占めるものであるかと言えば、そうではない。両者はいわば含み・含まれる関係、すなわち〈包摂関係〉にあると考えられる。このことについては次章で扱うことにする。

## 2. 「発話行為」の構成要素

前章では「発話」は、発話行為を意味する場合と発話文を意味する場合があることを確認した。また、発話行為と発話文は対等の関係にあるのではなく、包摂関係に

あるとも述べた。これは、発話行為という事象に伴って発話文という産物がもたらされることから考えて、前者が「主」(原因)であり、後者が「従」(結果)の主従関係、すなわち因果関係とでも言うべきものであり、この意味において両者は、後者が前者に含まれる〈包摂関係〉にあることは明白であると言える。

このため、ここでは、「発話」を主に発話行為の意味で用いることとし、その構成要素について考察したい。その意味で確認すると、発話文は発話行為の構成要素の一つと位置付けられる。

さて、橋本良明(1989)が述べるように、私たちは、情報の交換にせよ、意図の伝達にせよ、また心情の吐露にせよ、およそ人と人とのコミュニケーションにおいて発話する場合、言語を記号として用いていると考えることができる。

そこで、発話行為をコミュニケーションの媒体、すなわち道具として捉えてみると、道具を用いた一般行動に関してそうであるように、まず、①使用者、②使用目的、③手段、④使用状況、⑤使用法といった5つを重要な要素として指定できるだろう。そして、それら5つの要素と発話行為を構成する要素とをそれぞれ対応させてみれば、①発話行為の主体である「発話者 speaker」、②発話行為の動機・目的である「発話意図」<sup>(4)</sup> intension、③発話行為の手段としての「発話文 utterance」、④発話行為の場にみられる状況、背景的知識などの「コンテクスト context」、⑤発話行為に際しての心的態度である「発話態度 attitude」を考えることができる。表1参照。

【表1】道具使用と発話行為

| 道具使用  | 読み換え               | 発話行為要素  |
|-------|--------------------|---------|
| ①使用者  | だれが speaker        | ①発話者    |
| ②使用目的 | なぜ・何のために intension | ②発話意図   |
| ③手段   | 何をもって utterance    | ③発話文    |
| ④使用状況 | いつ・どこで・だれに context | ④コンテクスト |
| ⑤使用法  | どのように attitude     | ⑤発話態度   |

このうち、発話行為の構成要素の①「発話者」、②「発話意図」、③「発話文」については、「発話者の意味」として次章で述べることにし、ここではまず、④「コンテクスト」について国語学における場面論を簡単に振り返っておきたい。

永野賢(1970)の場面論においては、まず客観的な「事態」の要素である①話し手、②聞き手、③素材、④環境、⑤文脈の5つを認定する。次に、それぞれと対応させる形で、主観的な「場面」の要素として、①自分、②相手、③話材、④雰囲気、⑤脈絡の5つを挙げる。表2参照。

【表2】事態と場面

|   | 客観的「事態」 | 主観的「場面」 |
|---|---------|---------|
| ① | 話し手     | 自分      |
| ② | 聞き手     | 相手      |
| ③ | 素材      | 話材      |
| ④ | 環境      | 雰囲気     |
| ⑤ | 文脈      | 脈絡      |

しかし、このうち、③の「素材」と「話材」の区別は必ずしも明確ではないといった問題点がないわけではない。これに対して、つとに、高橋太郎 (1956) は、客観的立場における場面 (永野賢の「事態」) を「場面」、また主体的立場における場面を「場」と呼んで区別している。そのような事情を踏まえて、本稿では客観的立場の「事態・場面」と主体的立場の「脈絡・場」とを総称する「コンテキスト」という術語を採用するのである。なお、「コンテキスト」の更なる下位分類は、ここではこれ以上触れる余裕がないので、今後の課題としておきたい。

次に、表1の発話行為の構成要素の⑤「発話態度」とはいったいどのようなものであろうか。本稿では、発話態度とは「発話者が相手に対してどのような心的態度で発話するか」をいうのであり、具体的には、《誠実・冗談・皮肉・嘘・高飛車・卑屈》などが考えられる<sup>(5)</sup>。そして、これは文章の場合、地の文において書き手によって明示されることがある。

- (6) 「遊んでいて飯が食えると自由自在にそんな気持ちも起こるだろうな」

何を太平楽を言うかと言わんばかりに、父は憎々しく皮肉を言った。

「せめては遊びながら飯の食えるものだけでもこんなことを言わなければ罰があたりますよ」

彼 (=息子) も思わず皮肉になった。

(有島武郎『親子』)

- (7) 逆転勝ちに沸くベンチに腰をおろした野村監督は「よく勝てました」と皮肉っぽく話し始めた。毎回の13安打を放ちながら13残塁と逸機続きだった展開が、何より面白くない。

「うちの打者は勝ちたい一心で、どんな球にも食いつくダボハゼばかりや」。

(毎日新聞 1997.5.24 朝刊)

- (8) 「だから長沼さんに頼んでるのよ。ね? 橋本さんに何とか話してちょうだい」

「話すぐらいなら……」長沼は渋々言った。

「でも、返事は保証できないぜ」

(赤川次郎『三毛猫ホームズの恐怖館』)

- (9) 「選挙対策本部をお願いします。」私は高飛車に言った。

(internet 検索)

一方、発話においては、その解釈に際して、話す速さ、語調、声の大小・強弱、イントネーションなどの話しぶりから身振り・手振り、顔の表情といった身体的な様子までのすべてが考察の対象になるものと考えられる。

### 3. 発話者、発話文と発話意図

発話者が、発話行為によって相手に伝達しようとする内容が発話内容である。発話内容は、一般的には発話文

がそれを表し、通常、発話内容と発話者意図とが一致する。しかし、実際のコミュニケーションの場においては、発話文の文字通りの意味 (発話内容) と発話者が伝えようとした意味 (発話意図) とが必ずしも一致せず、食い違いの生じることがある。このことについて、諸家が挙げている例を検討してみよう。

- (10) Is John there? (安井稔 1978:30-31)

- (11) The room is awfully stuffy. (西山佑司 1983:627)

- (12) 他をあたってみよう。 (橋本良明 1989:100)

- (13) 冷蔵庫に冷えたワインがある。

(山梨正明 1989:224)

- (14) 今夜はきっと雨が降るだろう。

(安達隆一 1987:22-23)

- (15) Peter is quite well-read.

He's even heard of Shakespeare.

(スペルベル・ウィルソン 1993:274)

まず、(10) は、「言内の意味」と「言外の意味」とのギャップについて述べるために示された例である。発話文の文字通りの意味は「ジョンがそこにいるか否か」という〈問いかけ〉であるのに対し、もしこれが電話の場合であってみれば、通常、発話者の発話意図は「ジョンがそこにいたら用があるので話をしたいから替わってほしい」という〈要請・依頼〉と解釈されるため、発話文の意味と発話意図とが一致しない場合の例となる。このような発話者の発話意図は、発話文だけでは規定できず、コンテキストなど発話文以外の要因に依存している。

次に、(11) は、発話の機能について説明するために示された例である。日本語訳「その部屋はひどくむっとする」という部屋の状態についての〈述べて〉が発話文の意味であるのに対し、発話者の発話意図は、例えば、「部屋の窓を開けてくれ」という〈要請〉であったり、「その部屋に入るな」という〈警告〉であったりするために、発話文の意味と発話意図とが一致しない場合の例となり得る。

また、(12) は、インプリケーチャー (会話の含意) の例として挙げられたものである。直接的に伝達したい事実に言及するのではなく、伝達したい事実の帰結である「他をあたると」ことに間接的に言及することにより、発話の目的を達成している。つまり、この場合、発話者の発話意図は、例えば、「相手の就職の斡旋に際して、コネがきかずに失敗したことの伝達」である場合を考えることができる。

(13) は、間接的発話行為について述べるために挙げられた例である。発話文の文字通りの意味は、「冷蔵庫のワインの存在に関する伝達」であるのに対し、発話者の発話意図はその意味を超えて、例えば、「ワインを飲むように」という〈催促〉または〈提供の申出〉であったり、「ワインを取ってきてくれるように」という〈依頼〉であったりする。

(14) は、場面・文脈による個別的・臨時的な意味について示すために挙げられた例である。発話文の文字通り

の意味は「今夜、雨が降ることの推測」であるのに対し、発話者の発話意図は、コンテキストに応じて例えば、「車で迎えにきてもらいたい」という〈依頼〉であったり、意外な行為（例えば、いつも勉強しない太郎が珍しく勉強していること）に対する〈皮肉〉であったりする。

最後に、(15) は、アイロニー (irony) の例として示されたものである。発話文の文字通りの意味は、「ピーターはかなり本を読んでいる」「彼はシェイクスピアのことを耳にしたことさえある」といった日本語訳に相当するものである。しかし、このコンテキストにおける第2文の発話者の発話意図は、先の文字通りの発話文の意味を超えて、「読書家であれば、当然シェイクスピアのことは知っているはずであるが、ピーターはあえてそのことに言及する程度の読書家であり、従って、彼は読書家どころではない」とでもいった皮肉的な内容を帯びてくることにもなる。つまり、発話文の意味と発話意図とが一致せず、全く逆の意味を表す場合の例であると言える。

次に、新聞記事からの実例を示そう。

- (16) うちの近くにいいマンションがある。買いた  
いんだけどなあ。 (毎日 '96.11.20)
- (17) お前じゃなきゃダメなんだ。死ぬまでついて  
くるような気持ちで付き合ってくれ。  
(毎日 '97.2.28)

まず、(16) の場合、発話者は厚生省（当時）の事務次官で、相手である聞き手は民間の福祉グループの代表である。この時、文字通りには、自宅近くにある好物件のマンションを買いたいという発話者の〈願望〉の表出が、記事内にある「そういうことかと思ひ援助した」という代表の供述に明らかなように、聞き手である福祉グループの代表には「金銭を提供せよ」という発話者からの〈要求〉を表すものと解釈されたのであり、そこに発話文の意味の変質が生じていると言うことができる。そして、聞き手は発話者へ6,000万円を提供した。つまり、発話者である事務次官の発話意図が、発話文(16)の使用によって、聞き手である福祉グループの代表に発話文の意味を超えて正しく解釈された場合の例であると言える。

また、(17) は、姫路市内のレストランで、結婚詐欺師の男（33才）が1週間ほど前に知り合った岡山県倉敷市の看護師（23才）を相手に行った発話である。看護師は、(17)の発話文を文字通りの意味を超えて「結婚前提の交際の申込」と解釈した。事実、結婚詐欺師の発話意図は、(17)の発話によって看護師には結婚前提の交際として伝達され、結婚詐欺師は看護師から多額の金銭をだまし取することに成功している。

以上、発話行為によってもたらされた発話文の意味が、発話行為を行う発話者の発話意図とは必ずしも一致せず、食い違いが生じている場合について具体的に見た。この結果、発話者の発話意図は、発話文によって表される場合と、発話文を超えたものによって表される場合とがあることが改めて確認される。後者、すなわち発話文を超えて表される発話意図は、いわゆる言語外の意味、発話

の機能、会話の含意、間接発話行為、臨時的意味などと呼ばれているものに相当するのである。

#### 4. 意味づけ論の「意図」と「態度」

本稿にいう「意味づけ論」とは、深谷昌弘・田中茂範（1996）で提唱されたものを指す。意味づけ論は、言語の意味の構造の研究ではなく、「意味づけ」のプロセスに関する理論である。その「意味づけ」は、主体が状況を包摂し対応を思念する内的営みである、と定義され、「意味づけされた意味」が状況内の意味として主体内に現出すると規定されている。

日常の会話場面に即して言うと、話し手によって発話された産出発話（本稿の「発話文」）は、「コトバ」という「状況」を構成する要素に過ぎないものであるが、それが受け手、すなわち意味づけする側の者の「状況」に取り込まれ、意味づけされて「言葉」となる。そういう意味づけされる対象が「コトバ」であり、従って、「コトバ」の意味とは「コトバ」から構成された事態のことであると考えられることになる。

一方、「言葉」の意味は、まず何よりも個々の人間によって意味づけされる意味、つまり「意味づけする者にとっての意味」である。換言すれば、人間によって「コトバ」は「言葉」になる。「言葉」に意味があるのではなく、「言葉」の意味は作られるのである。なお、「状況」が、いわば客観的外界を表し、意味づけられる以前の意味なき物事の集合であるのに対し、「状況」は人間によって意味づけされ、絶えず推移する「状況」であると言える。この「状況」は、過去を抱え込むと同時に、未来を孕んでいる個々の人間にとっての意味世界と言うこともできる。意味づけは、「コトバ」から記憶を呼び起こし、「状況」に引き込み合わせながら主体による積極的な働きかけとしての意味調整によって方向を与えられ、記憶の関連は位置を形成する、つまり事態を構成することによってなされるのであるという。

深谷昌弘・田中茂範（1996）の意味づけ論を考える際にまず引き合いに出される、次の「刑務所」というコトバの意味づけられた意味の例について見よう。

- (18)
- ① 一人の男が刑期を終えて「刑務所」から出てきた。
  - ② 私が当時いた大学・山岳部の合宿所は「刑務所」だった。
  - ③ その男にとって「刑務所」は三食・暖房付きの冬季用リゾートだ。

上記①の「刑務所」は辞書の意味によって私たちに理解され破綻することはないが、②の「刑務所」については辞書の意味に拘泥しては辻褄が合わず破綻する。合宿所が辞書の意味の「刑務所」ではないことを私たちは知っているからである。さらに、③の「刑務所」をリゾートであるとして意味づけることは辞書の意味に全く

反することですらある。だからと言って、私たちは②及び③の文を理解不能とするのではなく、通常、「刑務所」の意味を辞書の意味からそれぞれに修正してさまざまに解釈し言語活動を行っている。

例えば、②の場合、古参の牢名主的囚人（上級生）が大きな顔をして新入りをいびる場所、また、③の場合、冷え切った残飯よりずっとましな3度の食事が供される場所、といった具合である。こうしてみると、意味づけは、コンテキストにより、また個々の人間により、異同が生じてくる。そのようなコンテキストにおける一人一人の主體的な意味づけによって状況内に立ち現れてくる意味、これが意味づけ論というところの意味である。

さて、意味づけ論における「発話の意味」とは、「文が意味すること、すなわち、同定機能と叙述機能の接続が生み出すもの」（ポール・リクール 1993:32）であり、意味づけ論という《対象把握》と《内容把握》に相当する。また、「発話者の意味」とは「話者が言わんとすること」（同上）であり、意味づけ論という《意図把握》《態度把握》《表情把握》に相当すると考えられる。しかし、この区別は便宜上のものであり、実は融合的な関係にあり、重層的であるという。そして、意味づけ論はそのような意味の諸相について次のように説明している<sup>(6)</sup>。

(19)

《対象把握》は、〈コトバが何を指しているのかを意味づける相〉であるのに対して、《内容把握》は〈コトバがどういう内容をいっているのか（叙述内容）を意味づけ、コトバから語られた事態を構成する相〉である。

《意図把握（行為意図の把握）》は、〈ある発話によって、発話者は何をしたいのか、あるいは何をしたいのか〉を捉える意味の相である。

《態度把握（発話態度の把握）》とは、〈発話者が話題となっている状況をどういう態度で語っているか〉を捉える意味づけのことである。

《表情把握》は、〈この人は、不安を感じている、喜んでいる、威張っている、落ちついている〉といった雰囲気や様子や印象を、相手の動作や声の調子などを手掛かりにしながら、感得し、理解すること。

本稿では、このうちの《対象把握》と《内容把握》を「発話文の意味」とし、《意図把握》及び《態度把握》を「発話者の意味」とする。すなわち、「発話者の意味」は、発話行為の意味であり、そこに《意図把握》、つまり発話意図が含まれることは既に見たとおりであり、ここでは特に《態度把握》、つまり発話態度についても「発話者の意味」とすべきことを指摘しておきたい。

【表3】意味づけ論の「意味」把握

|        |       |        |       |
|--------|-------|--------|-------|
| 発話文の意味 | ・対象把握 | 発話者の意味 | ・意図把握 |
|        | ・内容把握 |        | ・態度把握 |

なお、意味づけ論における《発話態度》とは、語られる事態（情況）に対する発話者の構え・心身態勢（把握した事態を誠実にあるがままに語るかどうか）のことであり、操作定義として「皮肉（冗談、嘘、はったり）を言う」のような「何々を言う」という叙述の仕方ができることを特徴とする。これは、3章で挙げた(10)～(15)の例をすべて《発話意図》として一括するのではなく、実は、(15)が《発話意図》の相とは別の《発話態度》の相に属するものであることを示唆している。また、(14)「今夜はきっと雨が降るだろう。」において〈皮肉〉という解釈が成立する場合には、これは《発話態度》の相ということになる。このように、これまで、〈皮肉〉を発話意図の典型又は別格として扱ってきた傾向がある発話行為論において、今後、どのような心的態度で事態を語るかという一般化された《発話態度》という視点を持って、「発話者の意味」を体系化することが必要になってくるものと考えられる。

なお、(19)における《表情把握》は「発話者の意味」の解釈における手段であり、直接的な解釈の対象にはならないと考えられることを付記しておく。

## 5. おわりに

発話を発話文と発話行為とに区分する時、発話文の意味については従来から研究されてきた蓄積があるのに対し、発話行為の意味については研究の歴史が浅く、発話意図や発話行為論における発話内効力 (illocutionary force) が中心的な研究対象となってきた。

そのため、本稿では意味づけ論における「態度把握」に注目し、語られる事態（「情況」）に対する発話者の「発話態度」を「発話者の意味」に加えて一般化した考察を進めるべきであるという考えを示した。その実際的な研究については、次の課題としたい。

## 注

- (1) 斜体字は筆者。
- (2) 下線は筆者。以下、同じ。
- (3) 『新明解国語辞典』第5版。
- (4) 「表現意図」とも。表現意図とは、言語主体が文全体に込めるところの、いわゆる命令・質問・叙述・応答などの内容。これは、個別的表現意図と一般的表現意図に区別される。宮地裕 (1960)。
- (5) 意味づけ論における「発話態度」よりも広く捉えて考えている。4章参照。
- (6) 深谷昌弘・田中茂範 (1996:82-85)。

## 参考文献

- 安達隆一（1987）『構文論的文章論』和泉書院
- 井上次夫（1998）「発話意味論－言語形式に託された意味の研究－」大阪外国語大学大学院修士論文（未刊）
- 井上次夫（2003）「意味の不確定性と確定要因」『小山工業高等専門学校研究紀要』35
- 高橋太郎（1956）「『場面』と『場』」『国語国文』25-9
- 永野賢（1970）『伝達論にもとづく日本語文法の研究』東京堂出版
- 西山佑司（1983）「発話行為」『英語学体系5』大修館書店
- 仁田義雄（1981）「文の構造」『日本文法事典』有精堂
- 仁田義雄（1997）『日本語文法研究序説』くろしお出版
- 橋本良明（1989）『背理のコミュニケーション』頸草書房
- 深谷昌弘・田中茂範（1996）『コトバの〈意味づけ論〉』紀伊國屋書店
- 宮地裕（1960）「表現意図」『国立国語研究所報告18 話しことばの文型（1）』秀英出版
- 安井稔（1978）『言外の意味』研究社出版
- 山田孝雄（1936）『日本文法学概論』宝文館
- 山梨正明（1989）『比喩と理解』東京大学出版
- オースティン J.I.（坂本百大訳 1978）『言語と行為』大修館書店
- スペルベル・ウィルソン（内田聖二他訳 1993）『関連性理論－伝達と認知－』研究社出版
- ポール・リクール（牧内勝訳 1993）『解釈の理論：言述と意味の剰余』ヨルダン社

## 【付記】

本稿は、『応用日本語研究』創刊号（応用日本語研究会 2002.10）収載の同名論文に、加筆、修正を行ったものである。

## Tool Wear of Aluminum-Chromium Based Coated Cemented Carbide in Cutting Hardened Sintered Steel

Tadahiro WADA, Mitsunori OZAKI, Hiroyuki HANYU\* and Kinya KAWASE\*\*

IACSIT International Journal of Engineering and Technology, Vol. 6, No. 3, pp.223-226, June 2014.

A machine part having a complicated shape can be mass-produced accurately by powder metallurgy. A diffusion alloyed powder or a completely alloyed powder is usually used as an alloyed powder for the sintered steel. The compressibility of the diffusion alloyed powder is better than that of the completely alloyed powder. After the sintering, the sintered material is quenched and tempered to improve the mechanical properties and wear-resistance. For dimensional accuracy, it is often necessary for the sintered steel machine parts to be machined by the metal removal process [1]. As the sintered machine parts are often cut at high cutting speed for mass-production, the tool materials must have good wear resistance. The polycrystalline cubic boron nitride compact (cBN) seems to be an effective tool material because it has good heat resistance and wear resistance [2]. However, in milling, a major tool failure of cBN readily occurs by fracture because cBN has poor fracture toughness. Coated cemented carbide tools, which have good fracture toughness and wear resistance, seem to be effective tool materials. TiN, Ti(C,N) and (Ti, Al)N are generally used for the coating film. So, there are many studies on the wear-resistance of these coating layers. Although there are some studies on the tool wear characteristics of the PVD coated cemented carbide tools in the cutting of the hardened steel [3] or the sintered steel, there are few studies on tool wear in the cutting of the hardened sintered steel.

An aluminum-chromium based coating film, namely (Al,Cr)N coating film, which exhibits a superior critical scratch load, has been developed. The aluminum-chromium based coated tool was evaluated through the machining of sintered steel, and showed greatly improved performance. However, the effectiveness of the aluminum-chromium coating film is unclear when cutting hardened sintered steel.

In this study, to clarify the effectiveness of aluminum-chromium coating film for cutting hardened sintered steel, tool wear was experimentally investigated. The hardened sintered steel was turned with an aluminum-chromium based coated

tool according to a physical vapor deposition (PVD) method. Moreover, the tool wear of the aluminum-chromium based coated item was compared with that of (Ti,Al)N coated tools.

The main results obtained are as follows:

- 1) The wear progress of the (Al,Cr)N coated cemented carbide tool was slower than that of the (Ti,Al)N coated cemented carbide tool.
- 2) Because the (Al,Cr)N coating film exhibited both higher hardness and higher oxidation temperature, the wear progress of the (Al,Cr)N coated cemented carbide became slower.
- 3) In addition, because the cutting temperature becomes lower due to the lower coefficient of friction of the (Al,Cr)N coating film, the wear progress of the (Al,Cr)N coated cemented carbide became slower.
- 4) In cutting hardened sintered steel with a (Al,Cr)N coated cemented carbide tool, there was little influence of the cutting speed on the tool wear within the range of the cutting speed from 0.50 m/s to 1.00 m/s.

As mentioned above, it was clear that the (Al,Cr)N coated cemented carbide is an effective tool material in cutting hardened sintered steel.

### References

- [1] JSPE, Handbook of Precision Machining, Tokyo, CORONA PUBLISHING CO., LTD., 1992, 139 (in Japanese).
- [2] Tadahiro Wada, Kazuki Hiro, Junsuke Fujiwara and Shinsaku Hanasaki, "MACHINABILITY OF HARDENED SINTERED STEEL", PROGRESS OF MACHINING TECHNOLOGY, Proceedings of the Seventh International Conference on Progress of Machining Technology, Edited by CHEN Wuyi, YAMANE Yasuo, FAN Rui and OCHU Akio, 2004, pp.74-79.
- [3] Y. Amada, T. Aoki, et al., "Cutting Performance of Coated Cemented Carbide Tools for Hard Work Materials", Trans of JSME, Series C, 1994, 60(577), PP.2906-2910 (in Japanese).

\* OSG Corporation

\*\* Diamet Corporation

## Tool Wear of (Ti,W,Si)N-Coated WC-Ni-Based Cemented Carbide in Cutting Hardened Steel

Tadahiro WADA, Shinichi ENOKI and Hiroyuki HANYU\*

World Academy of Science, Engineering and Technology  
International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering, Vol.7, No.9, pp.513-517, 2013.

Cemented carbides, which are made with sintered WC particles using cobalt (Co), nickel (Ni), etc. powder as the binder material, are sintered alloys. WC-Co-based cemented carbide is widely used when cemented carbide is used as a cutting tool material. On the other hand, WC-Ni-based cemented carbide is hardly used for the cutting of other than non-ferromagnetic materials. This is the reason that WC-Ni-based cemented carbide is hardly used as a cutting tool material. In the case of the same WC particle size, the toughness of WC-Ni-based cemented carbide is higher than that of WC-Co-based cemented carbide. However, the hardness of WC-Ni-based cemented carbide is lower than that of WC-Co-based cemented carbide. Furthermore, in order to increase the hardness of cemented carbide, increasing the WC particle content is an effective method. However, in the case of WC-Ni-based cemented carbide, when the WC content increases and the Ni content decreases, bores readily occur in the cemented carbide and the strength of the cemented carbide thus decreases. This is also the reason for WC-Ni-based cemented carbide not being used as a cutting tool material.

On the other hand, Ni and Co are rare metals. In 2006, the reserve/production ratio (= reserves/world mine production) of Ni and Co was 41 years and 134 years, respectively. However, in 2011, the reserve/production ratio of Ni and Co is 44 years and 77 years, respectively. That is, in the last five years, the reserve/production ratio of Ni has increased slightly 1.1-fold, whereas the reserve/production ratio of Co has sharply decreased by a factor of 0.57. It is considered that much of the total demand for Co is for the lithium-ion secondary battery; consumption of the lithium-ion secondary battery will decrease while consumption of Co will increase in the future. Therefore, it is possible to switch from a Co to an Ni binder of cemented carbide, and the amount of Co, which is a rare metal, can be reduced. In addition, although price fluctuations are seen, the price per unit mass of Ni is about half that of Co.

From the above, it is considered that WC-Ni-based cemented carbide, which is hardly used as a cutting tool material,

is an effective cutting tool material in terms of reduction of rare metals. WC-Co-based cemented carbide is coated in hard materials such as TiN, etc. in order to improve its wear resistance when used as a cutting tool material. Therefore, it is considered that the hardness of WC-Ni-based cemented carbide rises and wear resistance is improved by coating the WC-Ni-based cemented carbide with a hard material.

Incidentally, polycrystalline cubic boron nitride compact (cBN) seems to be an effective tool material because it has good heat resistance and wear resistance in cutting hardened steel. However, in milling, a major tool failure of cBN readily occurs by fracture because cBN has poor fracture toughness. In this case, coated cemented carbide tools, which have good fracture toughness and wear resistance, seem to be effective tool materials. TiN and (Ti,Al)N are generally used for the coating film. So, there are many studies on the wear resistance of these coating layers. Although there are some studies on the tool wear characteristics of PVD-coated cemented carbide tools in the cutting of hardened steel or sintered steel, there are few studies on tool wear in the cutting of hardened sintered steel.

In this study, WC-Ni-based cemented carbide with different Ni contents was used as the substrate. The hardened steel was turned by a (Ti,W,Si)N-coated WC-Ni-based cemented carbide tool, and the tool wear was experimentally investigated. The results showed little difference between the wear progress of the (Ti,W,Si)N-coated WC-Ni-based cemented carbide tool and that of the (Ti,W,Si)N-coated WC-Co-based cemented carbide tool; it is clear that WC-Ni-based cemented carbide can be used as a substrate for (Ti,W,Si)N-coated cemented carbide tools.

The following results were obtained:

- 1) For the (Ti,W,Si)N-coated WC-Ni-based cemented carbide, the hardness of the coating film was not much different from the content of the binding material, Ni, and the adhesion strength increased with a decrease in Ni content.
- 2) There is little difference between the wear progress of the (Ti,W,Si)N-coated WC-7%Ni-based cemented carbide tool and that of the (Ti,W,Si)N-coated WC-6%Co-based cemented carbide tool.

---

\* OSG Corporation

## Phase Diagram Including a Negative Pressure Region for a Thermotropic Liquid Crystal in a Metal Berthelot Tube

Kazuki HIRO, Tadahiro WADA

World Academy of Science, Engineering and Technology  
International Journal of Chemical, Nuclear, Metallurgical and Materials Engineering Vol:8 No:7, 2014

Phase diagrams including absolute negative pressure regions of thermotropic liquid crystals give useful information on science and technology. For example, when the liquid crystals sealed in cells of liquid crystal displays are cooled, the liquid crystals may experience negative pressures and may occur phase transitions from nematic (N) to isotropic (I) or crystalline phases (Kr), causing the display performance to deteriorate. From a view of physical chemistry, there are reports insisting that critical points of I-N transitions for thermotropic liquid crystals are hidden in the negative pressure regions which may be experimentally reached.

Unfortunately, it has been difficult to perform experiments under negative pressures because liquids subjected to negative pressures enter meta-stable and 'super-expanded' states, so that appearances of vapor phases, that is, cavitation phenomena, readily occur via heterogeneous nucleation, and liquids' pressures become saturated vapor ones.

An experimental method suitable for measuring properties of liquids under negative pressures is the Berthelot method. It has been used to stretch liquids under static conditions by subjecting liquids in containers to quasi-isochoric changes. Container materials are glasses, quartz, metals, and so on. Of these materials, metals are excellent as pressure vessels to facilitate the properties for any liquids, namely water, flammable organics and so on, though maximum negative pressures in metal are lower than those in others.

Since pressure dependencies of soft materials are strong, investigations of them under negative pressures are interesting. Thus, authors have developed the Berthelot method using a metal tube. Recently negative pressures to ca. -20 MPa for liquids have been obtained in a small-sized Berthelot tube. Studies on liquids under negative pressures have been facilitated.

In this work, a phase diagram of a thermotropic liquid crystal, 4-(methoxy phenyl)-trans-4-propyl-cyclohexane-1-carboxylate (Merck Co. D301), was depicted to negative pressure region on a pressure-temperature (P-T) plane. Phase transition in thermotropic liquid crystals under negative pressure was investigated by using an elaborated Berthelot method.

The Berthelot tube using a pressure transducer consists of a screw, a pressure transducer of strain gauges (Kyowa Elec. Inst. Co., PHL-A), a socket, a ball for sealing a sample liquid crystal (AKS Co.; 5/16 inch diameter), two o-rings, and a cup. The linearity of voltages as a function of pressures of the pressure transducer was assured up to +50 MPa in a temperature range -196 to 200°C. The temperature dependence of its linear coefficient was approximately 0.02 %/°C. The coefficient was used to measure not only positive pressures, but also negative pressures. A validity of the application was supported by suppliers. The sample which had not been in a solid phase, was poured into the chamber on the top of the transducer, and was sealed with the ball by compressing it against a sharp edge at the opening of the chamber using the screw.

The Berthelot system imposes two constraints about two volumes and their changes; the inner volume of the tube  $V_t$  and its change  $dV_t$  must be equal to those of the sample  $V_s$  and  $dV_s$ , respectively. The constraints causes a fact that slopes of pressure increases with temperature ones depend on what phases of the liquid crystal exist in the tube.

The main results are as follows: a phase diagram including a negative pressure region to ca. -5 MPa for a thermotropic liquid crystal, namely 4-(methoxy phenyl)-trans-4-propyl-cyclohexane-1-carboxylate, was depicted with the Berthelot method of a metal tube using a commercial pressure transducer. Two co-existing lines, namely Kr-N and I-N lines, were obtained, but were not intersected within the magnitude of negative pressure. Higher negative pressures, ca -40 MPa, had to been achieved to observe tri-critical point. Techniques to generate such magnitude of negative pressures are desirable and seem to be more useful as tools for drawing the diagrams for any liquids including thermotropic liquid crystals.

## Design condition of a sustainable two-layer circular tube with energy absorbing capacity

Ami NOMURA\*, Etsuko UEDA\*\*, Tadahiro WADA\*\*\* and Shinichi ENOKI\*\*\*

Computational Methods and Experimental Measurements XVI, WIT Transactions on Modelling and Simulation, Vol.55, WIT Press (2013), pp.103-114.

Recently, there have been a lot of earthquakes in Japan. Therefore, we should immediately develop a seismic technology for saving our lives from the earthquakes. It has already developed a seismic isolation device using seismic isolation rubber for tower buildings and others [1, 2]. However, almost all detached houses do not have seismic isolation devices attached, because the seismic isolation devices are expensive. Therefore, it is necessary to develop a low-cost seismic isolation device.

We conducted research in order to create and test a composite material for the low-cost seismic isolation device. The composite material is composed of metal square lattice filled with low rigidity material [3]. As a result, it was able to clarify that the composite material has energy absorbing capacity. However, the composite material had little energy absorbing capacity when sustainability was considered [4]. In this research, we changed to two-layer circular tubes from metal square lattice to improve sustainability.

We created a new energy absorbing device which uses a two-layer circular tube as a unit. The device is put between a foundation and pillar by using connecting pin in a detached house. Seismic energy is transmitted from the foundation to the pillar through the connecting pin and the tubes. The tube does not depend on the load direction. Moreover, if hysteresis is produced in the two-layer circular tube under lateral compression load, we think that the two-layer circular tube can have energy absorbing capacity. Therefore, we think that the device has high energy absorbing capacity. Friction should exist between outer layer and inner layer in order to occur hysteresis. Also, we should reveal a force of elastic limit to have sustainability. In this paper, we clarify contact condition between outer layer and inner layer in elastic region. We consider that the energy absorbing capacity changes depending on the size and the number of the tubes. In order to design the device, we should reveal properties of the tube. Therefore, we research the most basic properties

of the tube under lateral compression load. In this paper, outer layer is made of stainless steel and inner layer is made of acrylic plastic.

We used a single circular tube for considering a contact condition of the tube under a lateral compression load. We think a relation between the  $y$  axial deformation amount  $\delta_y$  and yield stress  $\sigma_a$  using single circular tube and mechanics of materials to deform in elastic region. We derive allowable  $y$  axial deformation amount  $\delta_{y,a}$  and allowable load  $P_a$  of the tube in elastic region. Furthermore, we think that the inner layer contacts with the outer layer all over the circumference if the inner layer contacts with the outer layer on  $x$  axis and  $y$  axis from the start.

The single circular tube model, which was used in the consideration, do not consider friction. Therefore, we used Finite Element Analysis to consider effects of friction. The constraint displacement was set so that the  $y$  axial deformation amount of the tube became 0.100mm. This deformation amount was allowable  $y$  axial deformation amount of the two-layer circular tube and was calculated by using the single circular tube model. As the result, we found that the maximum Von Mises stress in stainless steel at angle  $\theta=-90^\circ$ . Furthermore, the maximum Von Mises stress by using FEA is larger than the maximum bending stress calculated by using the single circular tube model. The  $x$  axial deformation amount of two-layer circular tube simulated by FEA was smaller than the  $x$  axial deformation amount calculated by the single circular tube model. One of the reasons is frictional influence. We consider that friction occurs between outer layer and inner layer near  $y$  axis. It was thought that the  $x$  axial deformation amount became small since the resistance i.e. total reaction force becomes large in consideration of frictional influence. Therefore we need to modify the contact condition by using a single circular tube model using results of FEA.

### Acknowledgements

This work was supported by Japan Science and Technology Agency promoting industry-academia collaborative R&D based on the research output and IP generated by basic research

---

\* Faculty of Advanced Engineering

\*\* Department of Control Engineering

\*\*\* Department of Mechanical Engineering

“A-STEP (Adaptable and Seamless Technology Transfer Program through Target-driven R&D) Feasibility Study (FS) Stage Exploratory Research”.

#### References

- [1] Murota, N., Japan's Latest Earthquake-Resistance Technology, Highlighting Japan, April 2010, pp. 7-9, 2010.
- [2] Taylor, A. and Aiken, I., What's Happened to Seismic Isolation of Buildings in the U.S.?, Structure magazine, March 2012, pp. 10-13, 2012.
- [3] Ota, T. and Enoki, S, Material design of a biomimetic composite material used for a wooden building joint structure, WIT Transactions on Ecology and the Environment, 138, pp. 329-338, 2010.
- [4] Enoki, S, Mechanical Property of Metal Lattice filled Low-Rigidity Material in the Cells [in Japanese], Proc. of 2012 Spring Annual Conference JSDE, pp. 23-24, 2012.

# 原子力人材育成事業への取り組みの経過報告

島岡 三義, 鬼頭 みずき<sup>※</sup>, 中村 篤人, 玉木 隆幸

## Progress Report of Activities for Human Resource Development in Nuclear Fields

Mitsuyoshi SHIMAOKA, Mizuki KITO<sup>※</sup>, Shigeto NAKAMURA and Takayuki TAMAKI

### 1. はじめに

1945年8月6日に広島市に、次いで9日に長崎市に投下された原子爆弾、ビキニ環礁での水爆実験、原子爆弾保有国による数多くの核実験など、原子力に関するイメージは決して良くはない。1972(昭和47)年にローマ・クラブが発表した「成長の限界」では、化石燃料の枯渇化が間近に迫ったことであると指摘され、我が国のエネルギー政策を大きく転換させる契機となった。エネルギー源の大半を石油と石炭に依存していた我が国では、すでに第三のエネルギー源として「原子力」に着目し、原子力発電所の建設を推進していった。原子力発電所を建設するのに必要な技術者を養成するために、1956(昭和31)年度に東海大学に原子力工学専攻が設置されたのを先駆けとして、1967(昭和42)年度までに東京工業大学、近畿大学、および旧7帝大に原子力工学、原子核工学系の学科、大学院専攻が設置された。

我が国での原子力発電所は、米国から導入した沸騰水型動力試験炉の1963(昭和38)年10月26日運転開始が出发点で、その後、英国から導入した東海発電所が1966(昭和41)年7月に営業運転を開始した。2011年3月11日の東日本大震災時に事故が発生した福島県大熊町の東京電力福島第一原子力発電所1号機が営業運転を開始したのは1971(昭和46)年3月のことであった。原子力発電所の建設はどんどん進められ、2011年3月11日時点で54基になって、電力供給の3割程度(関西電力では5割程度)を担うまでになったが、現在ほとんどが停止中であり、廃炉が決定したものもある。

1979(昭和54)年の米国のスリーマイル島の原発事故、1986(昭和61)年の旧ソ連のチェルノブイリ発電所の重大事故があり、原子力に対する信頼感が薄れ、学生の関心も薄れ、大学の原子力工学、原子核工学の学科名は1990年代に量子エネルギー工学などに変更されていった。その結果、原子力を専門に学ぶ学生や研究者が減少し、原子力人

材の育成・確保が再認識されるようになり、2004(平成16)年度に原発立地県である福井大学に原子力・エネルギー安全工学専攻が設置された他、2012(平成24)年度には3学科11専攻にまで増え、大学院の学生定員は1984(昭和59)年度レベル(約220名)まで回復している。原子力人材の育成は大学だけで可能なわけではなく、文部科学省と経済産業省が連携したいくつかのプログラムが2007(平成19)年度から実施されている。この中では、いくつかの高専が独自に取り組んでいるが、独立行政法人国立高等専門学校機構(以後「高専機構」と略記する)でも2010(平成22)年度、「機関連携による実践的原子力基礎技術者育成のフィージビリティスタディの実施(FS)」として取り組みを開始し、翌2011(平成23)年度から3ヶ年計画の「機関横断的連携による防災・安全教育を重視した実践的原子力基礎技術者育成の実施」として全国33高専が参加して取り組んだ。本校も、筆者が代表となって参加したので、この間の全体の取り組みの概略と本校の取り組みを報告する。また、平成24年度には、26高専による復興対策特別人材育成事業「国際的な原子力安全確保・防災・危機管理人材の育成」(フィージビリティスタディ)が実施され、さらに、平成25年度には本校独自の「原子力人材育成事業に関する奈良高専独自事業―自然災害発生現場と原子力発電施設の実情視察―」の事業を実施したので、これらも含めて報告する。

### 2. 高専機構の人材育成事業の概略

#### 2.1 参加高専と参加機関

原子力人材育成事業に参加した高専は以下の通りである。

函館高専、苫小牧高専、旭川高専、釧路高専、八戸高専、秋田高専、一関高専、福島高専、群馬高専、長岡高専、茨城高専、木更津高専、長野高専、沼津高専、富山高専、石川高専、福井高専、岐阜高専、鈴鹿高専、舞鶴高専、明石高専、津山高専、広島商船高専、松江高専、宇部高専、大島商船高専、阿南高専、香川高専、新居浜高専、北九州高専、熊本高専、鹿児島高専、沖縄高専、そして当奈良高

\* 元本校電子制御工学科助教、現在、鈴鹿工業高等専門学校機械工学科助教

専の33高専である。連携機関としては長岡技術科学大学、協力機関として、(財)放射線利用振興協会と(独)日本原子力研究開発機構である。

2.2 平成23年度の人材育成事業

実施された事業の概略を表1に示す。本事業の実行委員会が9月に開催されたため、しかも参加学生募集期間が極めて短時間であったことから、学生への事業案内が十分にできなかった。

図1に、本校の原子力関連の取り組みを示す(23年度フォーラムでポスター発表したもの)。国内のいくつかの大学が原子炉を保有しているが、近畿圏では近畿大学と京都大学が保有している。23年度は原子炉に対して社会の関心も高まり、福島原発事故以前から月1回の割合で一般公開していた京都大学原子炉実験所(大阪府熊取町、現在は停止中)での、学生を引率しての見学会を実施した。発電はせず、中性子線によるがん治療などの研究も行っている。格納容器の上から炉内を直視でき、貴重な体験をした。

沼津高専 渡辺敦雄特任教授による特別講演会(物質化学工学科主催)では、原発事故原因に関する事実の正確な把握の必要性、危機管理意識の必要性、技術者の心構え等を説かれた。福島第一原子力発電所の設計者であり、非常に説得力のある講演であった。

本校図書館では原子力に関する図書の展示がなされた。原発事故以前の図書はもとより、事故後には数多く出版された図書が展示された。

翌24年1月中旬から2月末まで、図2に示す、NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータによる空間放射線量測定が同測定器導入27高専で一斉に開始された。これは、全国規模で空間放射線量マップの作成がなされていない状況を鑑みて、本事業の目玉の一つとして取り組んだ

平成23年度 原子力人材育成事業 奈良高専の取り組み

電子制御工学科 助教 島岡三義・助教 鬼頭みずき 4年 ○中本 毅・池田篤史・水口晴哉

- 化学工学会エネルギー部会・日本電機学会関西支部共催「京都大学原子炉実験所見学と、原子炉の安全管理と医療利用、電力供給に関する講演」出席:島岡三義・鬼頭みずき 於:京大原子炉実験所 9月27日(火)
- 「新潟掲載データによる放射線量の追跡調査」 23年10月1日~ 電子制御工学科4年 池田篤史・中本 毅・水口晴哉 大分県大分市にて実施されている放射線モニタリング事業の推進に関する講演(文部科学省主催)の企画を企画
- 「原子力に関する本の展示」:奈良高専図書館 11月1日(火)~17日(木) 平成23年度読書週間(学生自治会主催) 平成23年4月以降の出版(内容)に関する書籍(化学・物理・工学) 平成23年4月以降の出版(内容)に関する書籍(化学・物理・工学) 平成23年4月以降の出版(内容)に関する書籍(化学・物理・工学) 平成23年4月以降の出版(内容)に関する書籍(化学・物理・工学)
- 特別講演会「福島第一原子力発電所事故を巡る技術者の「危機意識」と「人間力」」 講師 沼津高専特任教授 渡辺敦雄氏 11月24日(木) 本校物質化学工学科主催 4・5年・専攻科生86名、教職員20名参加
- 「京都大学原子炉実験所見学」 12月12日(月) 電子制御工学科4年 島岡三義・助教 鬼頭みずき・専攻科生4名
- 「長岡技術科学大学における高専教員対象放射線測定機器講習会」 参加:島岡三義 於:長岡技術科学大学 24年1月13日(金) 放射線の安全管理に関する、最新の測定方法、放射線の取り扱い方法等の研修(長岡技術科学大学による)による放射線の測定実習
- 「Ya線用NaIシンチレーションサーベイメータによる放射線測定」 電子制御工学科4年専攻科、職員連用口前 24年1月17日(火)~2月29日(水) 大阪府・堺市堺区にある原子力研究所(2000m<sup>2</sup> 0.06~0.07μSv/h 天候:晴れ 気温:4℃) (1月17日(火) 14時5分~15時) (2月4日(土) 14時) (2月5日(日) 10時) 放射線 塩化の塩素(塩素の除去) 0.06~0.07μSv/h 天候:曇り時々雨 気温:9℃) (2月5日(日) 10時)
- 「原子力安全・防災関連授業」参加:4年 中本 毅 24年3月5日(月)~9日(金) 於: いばらき量子ビーム研究センター
- 「原子力人材育成のための教科書「基礎 原子力工学」分組執筆」 執筆分担:島岡三義(原子力の基礎的学習)

図1 奈良高専における平成23年度の原子力関連事業

のである。本校でも昼休みに教職員玄関前(地表面と地上1m)と電子制御工学科4年の教卓(屋内)で、週3回程度の頻度で測定した。測定期間の平均値として、本校の教職員玄関前地表面では0.083μSv/hrであったが、一関高専で0.270μSv/hr、福島高専で0.230μSv/hr、松江高専で

表1 平成23年度の原子力人材育成事業一覧

| 実施期日                   | 実施場所  | 実施機関                | 内容  | 参加者               |
|------------------------|---|---------------------|---|-------------------|
| 9月22日(木)               | 学術総合センター                                    | 高専機構                | 実行委員会 (23年度の概要説明)                               | 島岡                |
| 10月20日(木)<br>翌1月16日(月) | 学術総合センター                                    | 高専機構<br>長岡技術科学大学    | 教科書、教材、シラバス開発の概要説明・打ち合わせ                        | 10月 鬼頭<br>1月 島岡   |
| 9月26日(月)<br>~30日(金)    | 日本原子力研究開発機構照射試験炉センター(茨城県大洗町)                | 高専機構<br>日本原子力研究開発機構 | 原子力の基礎、放射線に関する安全教育、照射装置の見学等                     | 不参加               |
| 12月10日(土)<br>~11日(日)   | 日本原子力研究開発機構 FBRセンター、原子炉廃止措置研究開発センター(福井県敦賀市) | 高専機構<br>日本原子力研究開発機構 | 高速増殖炉「もんじゅ」、新型転換炉「ふげん」の見学                       | 不参加               |
| 翌1月13日(月)              | 長岡技術科学大学                                    | 高専機構                | 放射線機器講習会<br>放射線の単位等の解説、NaIシンチレーションサーベイメータの取扱説明等 | 島岡                |
| 翌3月5日(月)<br>~9日(金)     | 放射線利用振興協会(茨城県那珂郡東海村)                        | 高専機構<br>放射線利用振興協会   | 放射線測定の原理・実習とJ-PARCの見学                           | 電子制御工学科4年1名       |
| 翌3月12日(月)              | キャンパス・イノベーションセンター                           | 高専機構                | 23年度フォーラム                                       | 島岡<br>電子制御工学科4年1名 |

0.100 $\mu$ Sv/hr, 広島商船高専で0.114 $\mu$ Sv/hrであり, 一関高専や福島高専より遠く離れた場所でも, 本校より高い値になっているところがあることがわかった。



図2 NaI(Tl) シンチレーションサーベイメータ

### 2.3 平成24年度の人材育成事業

実施された事業の概略を表2に示す。本事業の学生への案内が昨年度よりは速く実施できたが, 富山高専での実習に1名が参加しただけだった。しかし, 他高専との卒業研究・特別研究の連携も重要な事業であり, 富山高専での実習に参加した学生が, 卒業研究で富山高専および秋田高専と連携して進めた。内容は, 「放射線シミュレーションコード: GEANT4による放射線遮蔽」に関するもので, 3月のフォーラムで研究成果を発表し(図3参照), 日本原子力研究開発機構や放射線利用振興協会の方々から注目を浴び, 有益な助言もいただいた。図3には, 中学生向け原子力・放射線関連のパフレットの作成が示されているが, 難解な内容になりそうだったので, 図4, 図5に示す

ように, 読者が退屈しないように問題を混えながらのパフレットとした。

NaI(Tl) シンチレーションサーベイメータによる空間放射線測定を年度当初から実施することになり, 本校では電子制御工学科・専攻棟前で, 週2~3回, 昼休みに測定している。また, 図6に示すポケット線量計による自己被曝線量の測定を, 全33高専で実施することとした。線量計の数に限りがあることから, 各校輪番で実施することにし, 本校は6月25日(月)の14時30分~7月2日(月)の14時30分までを測定期間とした。当時の専攻科1年生が主たる被験者として約40名が協力くれた。原則として胸ポケットにディスプレイ面を体に向けて測定するが, 自宅では電子レンジその他の電磁波等の影響がない場所においても良いとした。居住地によって被曝量に違いがあるかどうかを調べるものである。その結果を図7に示す。国際放射線防護委員会では, 一般公衆場合の年間被曝線量が1mSv以下であれば安全であろうという基準を設けている。図7では, 7日間で8~9 $\mu$ Svという地域が多いが, 年間に換算すると470 $\mu$ Sv=0.47mSvであり, 本校通学生が心配する被曝量ではないことがわかった。また, 10~12 $\mu$ Sv付近にピークがある高専もあり, 福島第一原発事故直後の風向きの影響が全高専の測定結果から読み取ることができた。

平成23年度から取り組んできた原子力工学のテキスト「高専生・大学生のための原子力工学テキスト 基礎 原子力工学」(B5版, 208頁, 執筆者20名)がようやく完成した。主要目次は以下の通りである。

- 第1章 原子力とエネルギー
- 第2章 放射線とは
- 第3章 原子力プラント入門
- 第4章 原子力プラントの安全と防災
- 第5章 核融合炉
- 第6章 放射線とその応用

表2 平成24年度の原子力人材育成事業一覧

| 実施期日                 | 実施場所                      | 実施機関                    | 内容   | 参加者                       |
|----------------------|---------------------------|-------------------------|--|---------------------------|
| 4月20日(金)             | キャンパス・イノベーションセンター         | 高専機構                    | 実行委員会<br>(24年度の概要説明)                               | 島岡                        |
| 8月20日(月)<br>~24日(金)  | 長岡技術科学大学                  | 高専機構<br>長岡技術科学大学        | 原子力システム, 放射線安全,<br>原子力システム安全工学の基礎<br>学習等           | 不参加                       |
| 8月22日(水)<br>~24日(金)  | 富山高専本郷キャンパス               | 高専機構                    | 放射線の健康影響と安全管理,<br>X線の取り扱い, 放射線遮蔽安全<br>計算実習等        | 電子制御工学科<br>5年1名           |
| 9月5日(水)<br>~7日(金)    | 福島高専                      | 高専機構                    | 原子力災害対策ロボット, 放射<br>線計測ヘリ等での実習等                     | 不参加                       |
| 9月18日(火)<br>~28日(金)  | 日本原子力研究開発機構<br>大洗研究開発センター | 高専機構<br>日本原子力研究開発<br>機構 | 原子炉理論の基礎, 安全・危機<br>管理等の講義, 照射装置の運転<br>シミュレータによる実習等 | 不参加                       |
| 10月18日(木)            | 学術総合センター                  | 高専機構<br>長岡技術科学大学        | 教科書, 教材, シラバス開発の<br>概要説明・打ち合わせ                     | 島岡                        |
| 翌3月4日(月)<br>~8日(金)   | 放射線利用振興協会<br>(茨城県那珂郡東海村)  | 高専機構<br>放射線利用振興協会       | 放射線測定の原理・実習と<br>J-PARCの見学等                         | 不参加                       |
| 翌3月13日(水)・<br>14日(木) | 学術総合センター                  | 高専機構                    | 24年度フォーラム  | 島岡, 鬼頭<br>電子制御工学科<br>5年2名 |

### 奈良高専の卒業研究での取り組み

**目的**  
2011年の福島第一原子力発電所の事故以降、原子力や放射能汚染などが今まで以上に注目されるようになった。原子力や放射線に関する正しい知識の獲得と得られた知識を広く提供するために、計算機シミュレーションによるγ線の遮蔽効果を調べ、次代を担う高校生向けの原子力や放射線に関する解説書(パンフレット)の作成することを目的とする。

**= γ線の遮蔽に関する計算機シミュレーション =**  
シミュレーションツールGEANT4によるコンクリート遮蔽構造物(図1)内のCo60から放射されるγ線の遮蔽効果(図2)およびγ線の放射本数によるコンクリート透過の違い(図3)

**= 中高生向けのパンフレットの作成 =**  
作成のコンセプト: 原子力発電所の安全な停止並びに放射性廃棄物の管理等には、専門の知識を持った技術者が長期にわたり必要である。そこで、次代を担う中高生に放射線科学や原子力発電等をよく知ってもらうための分かりやすい解説書をパンフレットの形式で作成した。

**従来の専門書**

- 難解な数式が多く、専門知識が必須
- 原理、性質の説明は多いものの、具体的な影響等がすぐに理解できない
- 分量が多く、知りたい項目に至るまでが大変

**今回のパンフレット**

- 数式の記述を少なく
- 記述は平易に
- 短時間で読めるページ数(1項目で見開き1ページ)
- 図や写真を多用した説明
- 説明項目に関連するクイズで更なる知識の提供

図3 奈良高専における平成24年度の原子力関連の卒業研究

本校では島岡と鬼頭が第3章中の「原子炉の機械的挙動」(軽水炉の構造設計の基礎, 伝熱・流動解析の基礎, 管路内流量測定の基礎等, 約20頁)の執筆を分担した。本書では, 原子力プラントの安全と防災について詳述されているのが特徴で, 原子力関連の他図書にはない有益な情

報が含まれている。ただし, 非売品のため, 各高専に配付されている。本校には50部配付され, すでに希望があった教員には貸与している。授業で使用する場合, 学生にも貸与の形をとり, 授業終了後には回収している。

フォーラムで報告した24年度の本校の取り組みを図8に示す。NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータによるほぼ校内全域の空間放射線量測定を実施した。雨天時に線量が高くなる傾向あるとの指摘があり, 実測においてもわずかにそれが認められている。本館玄関付近の線量が高いが, 学校創設時の建物, 敷地であり, 放射性物質を若干含んだ土木・建築材料が使われていたのかも知れない。しかし, 国際放射線防護委員会が設けている安全基準内であるので, 心配は無用かと思われる。

ポケット線量計による自己被曝線量の測定を6月末から7日間実施したが, 同じポケット線量計を購入し, 継続的に測定を行っている。生駒山地付近などで高線量になっているが, 信貴生駒スカイライン上でのシンチレーションサーベイメータによる測定値(24年1月31日)は0.07μSv/hr程度であり, 学校近辺での海拔の高低差との関連はないものと思っている。

福島県地方では放射性物質で土壌が汚染されており, 除線作業が進められている。本校近辺の土壌に放射性物質, 特にCsが含まれているかをエネルギー分散型X線分析装置で土壌(学校敷地, 島岡研卒研生の自宅近辺)の元素分析を行った。Csが検出された土壌もあったが, 放射能までは判定できないので, 存在割合が原子数比でわずかに0.03%(質量比では0.26%)であったことのみ報告しておく。

25年1月に京都大学原子炉実験所を見学した。学生は電気工学科4年生4名, 電子制御工学科4・5年生6名, 専攻科機械制御工学専攻生2名の計12名で, 島岡と中村(篤)の教員2名が引率した。排水処理施設と原子炉内部の見学が主であるが, 除き窓から冷却水に浸かっている制御棒を直視できる点で大変有意義な見学であった。

中高生のための  
**原子力・放射線**  
早わかりパンフレット

γ線? α線? β線? X線? Sv? Gy? 放射能? 放射線?

奈良工業高等専門学校 電子制御工学科  
原子力と放射線早わかりパンフレット制作プロジェクト

### 1. 放射線とは何か

**放射線とは**  
広義的には電磁波や粒子から放射されることで光や熱とも呼ぶ。放射線とは電離作用をもつ放射線である。電離作用とは原子や分子を電離させることである。放射線とは電離作用をもつ放射線である。電離作用とは原子や分子を電離させることである。

**放射線**  
電磁波放射線  
α線  
β線  
γ線

**電離作用**  
放射線がもつ電離作用のことで、原子や分子を電離させることである。放射線は原子核の崩壊によって放出される。電離作用では、その放射線の持つ電離作用により、物質を電離させる。電離作用では、その放射線の持つ電離作用により、物質を電離させる。

**透過性**  
放射線が持つ電離作用のことで、この放射線が物質を透過する能力の強さを示す。放射線は物質を透過する能力の強さを示す。放射線は物質を透過する能力の強さを示す。

**蛍光作用**  
放射線が物質と相互作用し、物質が光を放出することである。放射線が物質と相互作用し、物質が光を放出することである。放射線が物質と相互作用し、物質が光を放出することである。

**問題1-1**  
電離放射線というものは意外に身近なものから放射されている場合があります。次のうち、電離放射線に分類されているのはどれか?  
1. 赤外線 2. 紫外線 3. 電波

**問題1-2**  
放射線は種類によって物質を透過する能力の強さが違う。それぞれ、γ線とα線が同時に発生した場合には次のうちのどの遮蔽方法を選ぶべきか?  
1. 強い力を持ったα線を止めるためにα線を止める薄い紙  
2. 薄い紙を透過できるγ線を止めるためにコンクリートの分厚い壁  
3. 間をとったアルミの薄い板

**問題1-3**  
放射線の持つ蛍光作用により、物質は特有の波長の光を出す。この光の色を蛍光といひ、この蛍光を出すことのできる物質は蛍光物質と呼ばれる。それぞれ、次の文章の中で物質と関係の強さを説明しているのはどれか?  
1. 蛍石層本の石の中に紫外線ライトを当てると発光する石があった。  
2. 豆電球の両端にコトを繋ぎ乾電池をつくと光が生成した。  
3. 日中、蛍光塗料に光を当てておくと暗く暗くからても発光していた。

**問題1-4**  
放射線の中でも、中性子線というものは、厚いα線、β線、γ線、X線とは少し異なる性質をもっている。この中性子線は、コンクリートや鉛といった物質で止めることができるが、鉛よりも重い物質で止めることができる。それぞれ、次の文章の中から正しいものを選び、理由を説明せよ。  
1. 中性子線には原子がけり切り大きな原子を捕まらなければならない。  
2. 中性子線の原子の大きさがとても小さく、素早く動いているため、重い原子にぶつかってもほとんど止まらずに通り抜けていく。  
3. 中性子線のもつ原子の大きさが大きすぎるため、重い原子でもとめられないから

図4 平成24年度に作成したパンフレット(全12頁中1~3ページ)

## 2. 放射能と放射線

**放射線とは**  
物体から放射線が出て行くこと  
単位はSv(シーベルト) またはGy(グレイ)

例えば懐中電灯で考えると…  
懐中電灯 → 光 → 放射線  
放射線を出す能力 (放射能)

**放射性物質とは**  
放射線を出すことのできる物質のこと

**放射能とは**  
放射線を出すことのできる能力のこと  
単位はGy(グレイ)

出典：電気事業連合会「原子力・エネルギー白書2012年版」

**Sv(シーベルト)とGy(グレイ)の違い**

**Gy(グレイ)**  
人や物が受けた放射線量に用いられるエネルギーの単位。放射線の照射を受けたものは、照射量に応じて放射線によるダメージを受ける。

**Sv(シーベルト)**  
放射線が人に与える多量度を表す単位として用いられる。シーベルトは、放射線の種類や放射線の吸収率によって決められた放射線のGyの値によって決められる。

出典：電気事業連合会「原子力・エネルギー白書2012年版」

**問題2-1**  
放射線、放射性物質の両者は関連して考えられている。放射線は、放射能と放射線が関連して考えられている。放射線は、放射能と放射線が関連して考えられている。

放射能? 放射線?  
グレイ? Sv/h? 放射性物質?

1. 放射線が体内に蓄積したとき  
2. 体内に放射性物質が蓄積したとき  
3. 放射線が体内を通過したとき

**問題2-2**  
放射線を受ける単位として、シーベルト(Sv)と、グレイ(Gy)がある。放射線が人に与える多量度を表す単位として、シーベルトと、放射線が人に与える多量度を表す単位として、グレイの両方に、どのような違いがあるのか?

1. Svの放射線が強い場合、Gyの放射線が弱い場合  
2. Svの放射線が弱い場合、Gyの放射線が強い場合  
3. SvとGyの間には関係がない

**問題2-3**  
放射線が人に与える多量度を表す単位として、シーベルト(Sv)と、グレイ(Gy)がある。放射線が人に与える多量度を表す単位として、シーベルトと、放射線が人に与える多量度を表す単位として、グレイの両方に、どのような違いがあるのか?

| 組織・臓器 | 組織係数 |
|-------|------|
| 皮膚    | 0.01 |
| 甲状腺   | 0.04 |
| 肺     | 0.04 |
| 食道    | 0.12 |
| 胃     | 0.12 |
| 肝臓    | 0.04 |
| 膀胱    | 0.04 |

1. 甲状腺 2. 肝臓  
3. 肺 4. 皮膚

**問題2-4**  
放射線が人に与える多量度を表す単位として、シーベルト(Sv)と、グレイ(Gy)がある。放射線が人に与える多量度を表す単位として、シーベルトと、放射線が人に与える多量度を表す単位として、グレイの両方に、どのような違いがあるのか?

1. 放射線が人に与える多量度を表す単位として、シーベルトと、放射線が人に与える多量度を表す単位として、グレイの両方に、どのような違いがあるのか?

## 3. 放射線から身を守るには

放射性物質から距離を置く  
放射性物質を隔離する  
放射性物質に長時間近づかない

この3つをまとめて放射線防護の3原則と呼ぶ

**防護と汚染**

放射線を出す物質が皮膚や衣類に付着すること  
放射線を出す物質が体内に蓄積すること

汚染: 放射線を出す物質が皮膚や衣類に付着すること  
被曝: 放射線を出す物質が体内に蓄積すること

出典：電気事業連合会「原子力・エネルギー白書2012年版」

**問題3-1**  
次の文章の中で、外部被曝の説明として間違っているものはどれか?

1. 放射線によって汚染された水を飲んでしまった。  
2. 病院で、骨折がひどい場合にレントゲン写真を撮った。  
3. 放射性物質を実験のとき取り扱った。

**問題3-2**  
もし、福島のような状態に自分の地域が今後発生した場合、放射線から身を守るためにどのような方法をとるべきか? 次の文章の中から正しいものはどれか選べ

1. 外出時にマスクを付けることで、放射線物質を吸い込むのを防ぐ  
2. 帰宅時に、シャワーを浴びて、肌や衣服について放射線物質を洗い落とす  
3. 定期的に部屋の窓の空気を換気することで、室内の放射性物質を外に出す

**問題3-3**  
次の文章は放射線に関する情報、汚染に関する文章である。この文章の中で間違っている文章の番号はどれか?

1. 放射性物質を使った実験を行ったことで、放射線に汚染された。  
2. 放射線に汚染された放射性物質を吸い込んで、放射性物質が体内に蓄積した。  
3. 放射線による外部被曝を抑えるために、外出時にマスクを着用し、帰宅時にシャワーを浴びて、肌や衣服について放射線物質を洗い落とす。

**問題3-4**  
放射線防護の3原則というの、おもに放射線、放射性物質を取り扱う施設の作業員が作業する際に、放射線から身を守るために、放射線防護の3原則の考え方を述べている。この文章の中で、放射線防護の3原則の考え方を述べているものはどれか?

1. 放射性物質に近づいて作業すると危険だから、防護服を着て作業を行う  
2. 放射線から身を守るために、作業員は常に防護服を着て作業を行う  
3. 放射性物質を保管する場合は、外部に放射線が出ないように遮蔽を施す必要がある

## 4. 身近な放射線

**食べ物**  
意識的によく食べている食品の中にも放射線物質が蓄積されている。放射線物質が蓄積されている食品は、放射線物質の濃度が低い。

**医療現場**  
医療現場では、レントゲンの撮影などで放射線が使用されている。放射線が使用されている撮影機は、放射線物質が蓄積されている。放射線物質が蓄積されている撮影機は、放射線物質の濃度が低い。

**自然放射線**  
自然放射線は、自然界に存在する放射線物質によって発生する。放射線物質が蓄積されている食品は、放射線物質の濃度が低い。

出典：電気事業連合会「原子力・エネルギー白書2012年版」

**問題4-1**  
人は、日常生活の中で放射線にさらされている。放射線から身を守るためには、放射線防護の3原則を守ることが大切である。

1. 放射性物質から距離を置く  
2. 放射性物質を隔離する  
3. 放射性物質に長時間近づかない

**問題4-2**  
放射線から身を守るためには、放射線防護の3原則を守ることが大切である。放射線防護の3原則は、放射線から身を守るための大切なポイントである。

1. 放射線から距離を置く  
2. 放射線を隔離する  
3. 放射線に長時間近づかない

**問題4-3**  
放射線から身を守るためには、放射線防護の3原則を守ることが大切である。放射線防護の3原則は、放射線から身を守るための大切なポイントである。

1. 放射線から距離を置く  
2. 放射線を隔離する  
3. 放射線に長時間近づかない

**問題4-4**  
放射線から身を守るためには、放射線防護の3原則を守ることが大切である。放射線防護の3原則は、放射線から身を守るための大切なポイントである。

1. 放射線から距離を置く  
2. 放射線を隔離する  
3. 放射線に長時間近づかない

## 5. 日本で稼働している発電方法

**火力発電**  
- 燃料が安い  
- 稼働率が高い  
- 発電効率が高い  
- 大規模なものを作るにはコストがかかる

**水力発電**  
- 燃料が安い  
- 稼働率が高い  
- 発電効率が高い  
- 大規模なものを作るにはコストがかかる

**太陽光発電**  
- 燃料が安い  
- 稼働率が高い  
- 発電効率が高い  
- 大規模なものを作るにはコストがかかる

**風力発電**  
- 燃料が安い  
- 稼働率が高い  
- 発電効率が高い  
- 大規模なものを作るにはコストがかかる

出典：電気事業連合会「原子力・エネルギー白書2012年版」

**問題5-1**  
火力発電、水力発電、太陽光発電、風力発電は、それぞれの特徴がある。それぞれの発電方法は、どのような特徴があるのか?

1. 火力発電 2. 水力発電  
3. 太陽光発電 4. 風力発電

**問題5-2**  
火力発電、水力発電、太陽光発電、風力発電は、それぞれの特徴がある。それぞれの発電方法は、どのような特徴があるのか?

1. 火力発電 2. 水力発電  
3. 太陽光発電 4. 風力発電

**問題5-3**  
火力発電、水力発電、太陽光発電、風力発電は、それぞれの特徴がある。それぞれの発電方法は、どのような特徴があるのか?

1. 火力発電 2. 水力発電  
3. 太陽光発電 4. 風力発電

中高生のための  
原子力・放射線  
早わかりパンフレット

1. 放射線とは何か  
放射線の定義と威力

2. 放射能と放射線  
放射線、放射能、放射性物質の違い

3. 放射線から身を守るには  
放射線防護の3原則、防護と汚染の違い

4. 身近な放射線  
食べ物、医療、日常生活における放射線

5. 日本で稼働している発電方法  
発電方式の比較と特徴

2013/3/12  
奈良工業高等専門学校 電子制御工学科  
原子力と放射線  
早わかりパンフレット制作プロジェクト

図5 平成24年度に作成したパンフレット(全12頁中4~12ページ)



図6 自己被曝線量測定用ポケット線量計

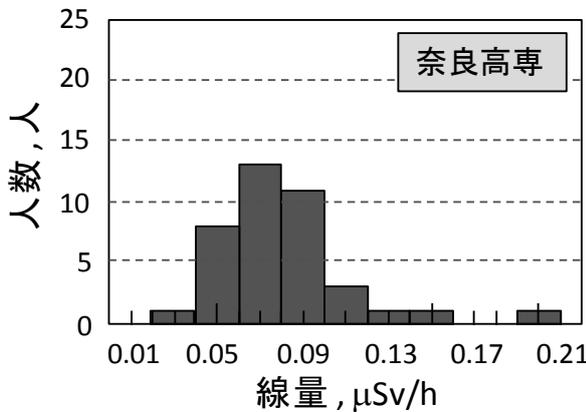


図7 ポケット線量計による自己被曝線量

### 奈良高専における原子力人材育成教育

**目的** 奈良高専は最寄りの教育・実業・大産・大産各原子力発電所からは100km圏の外に位置し、この距離感が学生や教職員の原子力に関する意識・認識や理解を低下させていると認められる。学生・教職員共に原子力や放射線に関する認識と理解を深めていくことが本校の目的である。

**実施内容**

- NaIシンチレーションサーベイメータによる奈良高専内における空間放射線量の測定
- NaIシンチレーションサーベイメータによる奈良高専周辺の放射線量測定と土壌の成分分析
- ポケット線量計による自己被曝線量の測定
- 京都大学原子炉実験所の見学による原子炉の実験と放射線応用に関する学習
- 卒業研究による取組
  - γ線遮蔽に関する計算機シミュレーション
  - 原子力と放射線科学の概要に関するパンフレットの作成

**今後の計画**

- NaIシンチレーションサーベイメータによる校内各所並びに学校周辺地域の空間放射線量の測定(卒業学生に測定法を習熟させ、線量マップの充実を図り、経年変化を監視する)
- ポケット線量計による自己被曝線量の継続測定(被測定者を増やし、奈良高専周辺の線量マップを充実させると共に経年変化を監視する)
- 基礎 原子力工学のテキストを活用した原子力、放射線科学に関する学生の教育の推進
- 原子力と放射線科学の概要(パンフレット)の配布(中学生対象の体験入学等)による基本情報の提供
- 原子炉の実験を見る学生と教職員を対象とした京都大学原子炉実験所の見学の実施
- 原子力関連の話題を【原子力から版】として教職員にメール配信し、情報提供に努める。

図8 奈良高専における平成24年度の原子力関連事業

## 2.4 平成25年度の人材育成事業

3ヶ年計画の最終年度にあたる。本校の取り組み(フォーラムで発表したポスター)を図9に、実施された事業の概略を表3に示す。この年は電気工学科の学生が参加してくれた。日本原子力研究開発機構での10日間の実習をはじめ、4年生では知識レベルの高い講義や実習であったかと思うが、実習に参加して貴重な体験や新たな知識を獲得できて良かったとのコメントを頂いている。

高専間連携での卒業研究も継続して実施した。一つは前年からの継続で、放射線シミュレーションコードの一つであるGEANT4による放射線(γ線)遮蔽であり、富山高専射水キャンパス(当時、高専一技科大間交流人事で長岡技術科学大学に赴任中)の阿蘇司教授の指導を受けている。もう一つは、土壌と水のGe半導体検出器による環境放射能測定である。後者は北九州高専の中村裕之教授が測定を担当し、本校でも校内5ヶ所、学生と島岡の自宅敷内の土壌、物質化学工学科等横の池の水と島岡自宅近辺の用水路(上流に産業廃棄物処理場有り)の水の分析を6月に依頼した。結果として、北は秋田高専から南の熊本高専八代キャンパスまで、どの土壌、水にも興味深い放射能が含まれていないとの報告を受けている。

ポケット線量計による自己被曝線量測定は5月28日(火)~6月4日(火)まで、電子制御工学科5年生の協力を得て実施した。結果は図8に示しているが、前年より低線量である学生数が多い結果となった。

中・高校生にもわかりやすい原子力・放射線に関する解説書の改訂版の作成を試みたが、力量不足でうまくまとめられなかった。

### 奈良工業高等専門学校 原子力人材育成教育

**目的** 福島第一原子力発電所の事故原因は東日本大震災(地震と津波)と関係が深い。2011年8月の福島県南部における台風による水害は重大な関心事であったが、東北の津波による被害地域と同様に、人々の記憶から風化しつつあることを憂いて提供することを目的とする。奈良高専は最寄りの教育・実業・大産・大産各原子力発電所からは100km圏の外に位置する。大産等の一帯の教育機関は、その間の距離が長い。原子力に関する、高専が自然災害を被った地域、被災者に対する思いを忘れずにいくことが、現在の奈良高専に課せられた使命ではないかと考えている。

**実施内容**

- NaIシンチレーションサーベイメータによる奈良高専内における空間放射線量の継続測定
- ポケット線量計による自己被曝線量の継続測定(卒業研究を中心として)
- 学務職員に【原子力から版】(原子力に関する科学的事実等の情報提供)をメールで配信(島岡)
- 高専教員(11月)における原子力・放射線に関する普及セミナーの展示
- テキスト「基礎 原子力工学」の教員と学生(電子制御工学科5年生、機械制御工学科専攻)への貸与
- 原子力人材育成事業への学生派遣(電気工学科4年生 長岡技術科学大学インターンシップ2名、富山高専実習1名、日本原子力研究開発機構インターンシップ1名)
- (他) 日本原子力研究開発機構大洗研究開発センターでの研修講座への派遣(電子制御工学科5年生 4名)
- 東京電力(株) 研修特別原子力発電所の見学(電子制御工学科教員1名と電子制御工学科5年生 3名)
- 東日本大震災による津波被害地域の視察(宮城県仙台市、東北電力川内発電所、南三陸町、茨城県、岩手県陸前高田市、釜石市、大槌町等、電子制御工学科教員(島岡)1名、事務職員1名、電子制御工学科5年生 4名)
- 電子制御工学科卒業研究における「GEANT4による線量率のコンピュータシミュレーション(2名)」と「原子力・放射線に関する解説書の改訂版(1名)」

**25年5月~6月の測定結果**

測定期間: 平成25年2月26日 ~ 12月10日  
連続7日間  
教員: 6年、4年  
学生: 5年、4年  
平均線量率: 0.01 ~ 0.02 μSv/h

**放射線シミュレーションコード GEANT4によるγ線遮蔽効果の計算**

ボックス内の0.060からの放射線の透過の様子

**γ線遮蔽効果: 100本**

① アクリル (A)  
② 鉛 (B)  
③ 鉛 (C)  
④ 鉛 (D)  
⑤ コルク (Concrete) (E)  
⑥ 鉛 (F)  
⑦ 鉛 (G)  
⑧ 鉛 (H)

**まとめ**

- 原子力産業やそれらへの就職者が少ない地域であり、原子力に対する関心や不安が人によって大きく異なる。特に2011.3.11以降、「原子力」への賛成心や不信感が高まり、各種の取り組みの難しさを痛感した。
- 原子力人材育成事業に関わることで、関心のある学生には「原子力」、「放射線」等を通して理解しようという気持ちを持たせることができた。
- NaIシンチレーションサーベイメータによる校内並びに周辺地域の空間放射線量の測定、ポケット線量計による自己被曝線量の測定を継続して経年変化を監視していきたい。
- 基礎 原子力工学を補助テキストとして、原子力や放射線科学に関する教育を継続していきたい。

図9 奈良高専における平成25年度の原子力関連事業

表3 平成25年度の原子力人材育成事業一覧

| 実施期日                | 実施場所                          | 実施機関                    | 内容  | 参加者                       |
|---------------------|-------------------------------|-------------------------|---|---------------------------|
| 4月19日(金)            | キャンパス・イノベーションセンター             | 高専機構                    | 実行委員会<br>(25年度の概要説明)  | 島岡                        |
| 8月19日(月)<br>～23日(金) | 長岡技術科学大学                      | 高専機構<br>長岡技術科学大学        | 原子力システム安全工学の基礎<br>学習, 東電柏崎刈羽原発見学等                                 | 電気工学科4年<br>2名             |
| 8月19日(月)<br>～30日(金) | 日本原子力研究開発機<br>構大洗研究開発セン<br>ター | 高専機構<br>日本原子力研究開発<br>機構 | 原子力の基礎, 放射線に関する<br>安全教育等の講義, 照射装置の<br>見学, ホットラボでの実習等              | 電気工学科4年<br>1名             |
| 8月22日(木)<br>～24日(土) | 富山高専<br>本郷キャンパス               | 高専機構                    | 放射線と物質との相互作用, 放<br>射線の健康影響等の講義, X線<br>非破壊検査, 放射線計測システ<br>ム等の実習    | 電気工学科4年<br>1名             |
| 8月26日(月)<br>～28日(水) | 松江高専<br>島根県原子力防災セン<br>ター      | 高専機構                    | 原子力発電に関する基礎講義,<br>島根原発シミュレータ, 防災安<br>全対応施設, 島根県防災セン<br>ター見学等      | 不参加                       |
| 8月27日(火)<br>～29日(木) | 福島高専                          | 高専機構                    | 保放射線量測定技術, 原子力発<br>電に必要な材料特性の講義, 食<br>品や土壌の放射線量測定, 材料<br>特性評価等の実習 | 不参加                       |
| 12月21日(土)           | キャンパス・イノベー<br>ションセンター         | 高専機構                    | 25年度フォーラム   | 島岡, 鬼頭<br>電子制御工学科<br>5年2名 |

その他の事項は、本校独自の「原子力人材育成事業に関する奈良高専独自事業－自然災害発生現場と原子力発電施設の実情視察－」の事業と関連するので後述する。

## 2.5 3年間の人材育成事業の総括

人材育成事業（各種実習やインターンシップ）に参加した学生は、全高専の延べで240名であったが、本校では6名だけであった。また、卒業研究・特別研究への取り組みは、全高専の延べで153名であったが、本校では5名が関わった。本校は、図7に示したように、最寄りの原子力発電所から100km圏外であり、電力会社への就職者数は多くても、原子力発電所での勤務者が少ないこと、原子力関連製造業への就職者が少ないこと、福島第一原子力発電所の事故後の放射性物質の飛散も奈良県を飛び越えており、原子力に関する関心が低く、放射線に対する恐怖の実感が伴わないで来ていることが、これまでの事業への積極参加が少ない原因ではないかと考えられる。

本事業は、高専関係外の原子力関連の専門家7名で構成される評価委員会が毎年評価（審査）されてきた。この3年間の全体としての評価は以下のようなことであった。

「いくつか実施されてきた原子力人材育成事業の中でも、高専機構の取り組みは特に組織的であり、機能的に実施されており、突出して高い効率を上げていると思われる。原子力を取り巻く厳しい状況の中、参加者が年々増加していることもその現れである。本事業が開始される以前から、高専機構には実践的原子力人材育成に対する強い気運があった。本事業はその気運を実現化する良い機会であったと考えられる。この活動を今後も継続するための適切な措置が望まれる。」

この評価委員会の総括を踏まえ、平成26年度には、ほ

ぼ全国の高専が参画する「国際原子力イニシアチブ事業」が実施される。本校も島岡が実行委員として参加することになった。

## 3. 「国際的な原子力安全確保・防災・危機管理人材の育成」（フィジビリティスタディ）

この事業は、上記人材育成事業の実施中に、平成24年度に並列的に実施されたものであり、26高専が参画し、本校では島岡が実行委員として参加し、中村（篤）の協力を得た。この事業の目的は、福島第一原発事故以後、1年経過したが、広範な放射能汚染への対応とこれを教訓とした他の原発における防災・安全対策が大きな問題であること、原子力関連機関における人材育成活動の一層の取り組みが求められていること、原発事故の教訓を世界で共有し、世界共通の安全基準に反映させるため、各国との情報共有を一層図るために、優れた国際感覚やコミュニケーション能力を持った専門家の育成が従来にも増して重要であること、原子力の国際動向に関する高専教員の知識の充実を図ることにある。

実施事業を表4に示す。事業の目的にもあるように、教員対象のセミナーが設定されており、英語での講演が含まれている。EU（ヨーロッパ連合）における原子力発電依存度はフランスが76%、次いでリトアニアが70%で突出していることがわかった。東京電力柏崎刈羽原子力発電所には原子炉が7基あり、6号機の見学を行った。もちろん運転停止（炉内での核反応停止）中であつたが、格納容器の真上まで、使用済み燃料棒の冷却水槽の近くまで見学できたことは貴重であった。BWR トレーニングセンターは、全国のBWR発電所の運転員の教育・訓練機関であり、同

表4 国際的な原子力安全確保・防災・危機管理人材の育成事業の概要

| 実施期日                 | 実施場所  | 実施機関                     | 内容  | 参加者                     |
|----------------------|---|--------------------------|---|-------------------------|
| 10月19日(金)            | キャンパス・イノベーションセンター   | 高専機構                     | 実行委員会<br>(24年度事業の概要説明)  | 島岡                      |
| 11月15日(木)<br>～17日(土) | 長岡技術科学大学  | 高専機構<br>長岡技術科学大学         | ヨーロッパにおける原子力状況(英語), 原子炉とシステム安全, 核燃料の燃焼の講義, 東電柏崎刈羽原発とBWR運転センター見学, 討論会  | 教員対象セミナー<br>島岡<br>中村(篤) |
| 12月12日(水)<br>～14日(金) | 学術総合センター<br>東芝・磯子エンジニアリングセンター<br>電力中央研究所<br>キャンパス・イノベーションセンター | 高専機構<br>(株)東芝<br>電力中央研究所 | 原子力の基礎, 放射線に関する安全教育等の講義, 照射装置の見学, ホットラボでの実習等  | 教員対象セミナー<br>島岡          |
| 翌3月6日(水)<br>～9日(土)   | 茨城高専<br>日本原子力研究開発機構   | 高専機構<br>日本原子力研究開発機構      | 我が国と諸外国の原子力の動向と今後, 原子炉の基礎・構造と安全システム, 放射線応用, 核燃料サイクル, 韓国および英国における原子力の状況(英語)等の講義, 原子力機構(NUCEF, J-PARC, JMTR, 常陽, HTTR)等の見学, 検討会(GW) | 専攻科機械制御工学専攻1年2名         |

型の原子炉であれば、どの電力会社の原子炉も運転可能とのことであった。東芝・磯子エンジニアリングセンターでは、沸騰水型原子炉(BWR)の実物大カットモデルがあり、大きさの実感ができた。授業で使用するチョークの太さで長さが1cm位の燃料ペレット1個で、標準家庭の半年分の電気エネルギーを賄えるということであるから、原子力の威力を改めて思い知った。電力中央研究所は9電力会社、電源開発(株)、日本原子力発電(株)からの出資金で運営されている一般財団法人であり、新たな電源開発、電力会社あるいは民間企業からの委託研究などを行っている。

一方、学生対象の事業は1回だけであるが、英語での講義もあるので、事前学習として、あらかじめ指定された原子力とエネルギーに関するテーマについて(複数の中から選択)、日本語と英語(400Words程度)による論文提出が2回課された。専攻科生が取り組んでくれたが、真っ赤に添削されて返却されてきていたので、自信を失ったかも知れないが、めげずに対応し、その後のセミナーにも臨んでくれた。

本事業の総括は特になく、学生対象のセミナーを最後に終了した形であるが、26年度の「国際原子力イニシアチブ事業」が一部引き継いでいると言える。

#### 4. 「原子力人材育成事業に関する奈良高専独自事業 —自然災害発生現場と原子力発電施設の実情視察—」

本事業は平成23年度～25年度の高専機構の事業『機関連携による防災・安全教育を重視した実践的原子力基礎技術者育成の実施』とは別の、本校独自の事業として平成25年度に取り組んだものである。先の東日本大震災では近年において経験のない、大規模な津波に見舞われ、広

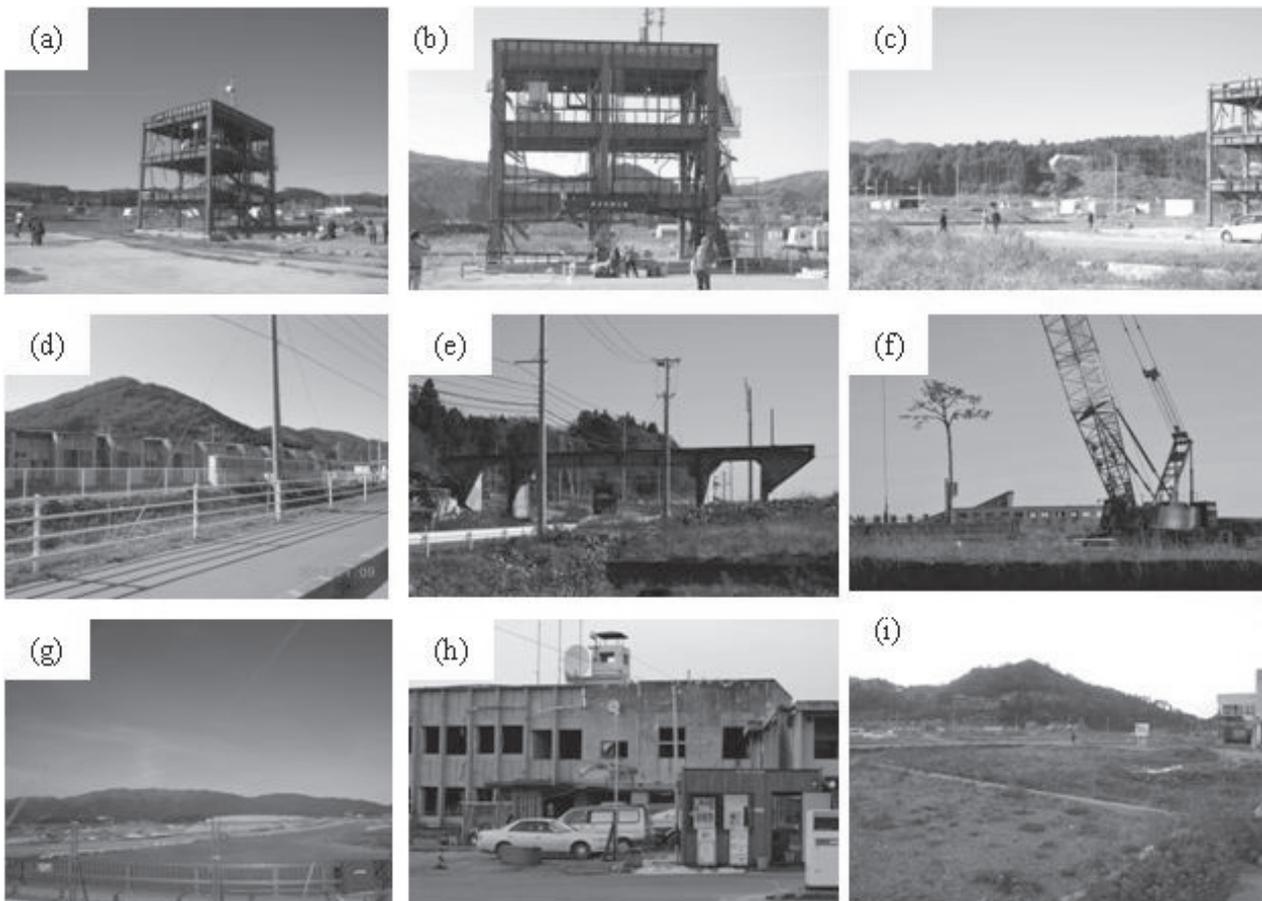
い範囲で甚大な被害を受けている。東北地方の人々にとっては切実な問題も、関西地方では他人事になっているかも知れないことから、彼らと同じ認識を持つ必要があると考え、学生に自然災害発生現場と原子力発電施設の実情視察の機会を与えた。実施内容は以下の通りである。

(1) 7月29日(月)～8月9日(金): 原子力や放射線の知識の獲得が必要との観点から、(独)日本原子力研究開発機構大洗研究開発センターでの「最先端研究基盤JMTR及び関連施設を用いた研修講座」に電子制御工学科5年生4名(島岡研究室所属)が参加して研修した。大学生や社会人向きの高度なレベルの研修内容で苦労したようであるが、簡単には見学できない施設を見学でき、研修に参加した人達との交流などを通して有意義な研修だったとの報告を受けている。

(2) 8月19日(日)～8月20日(火): 東京電力柏崎刈羽原子力発電所を玉木と電子制御工学科5年生3名(島岡研究室所属)が見学し、原子力発電所、特に格納容器周辺施設、原子力技術について学習した。この発電所は、国内の原子力発電所のほとんどが運転停止状況にある中で、唯一、原子炉内まで見学できる施設である。

(3) 11月8日(金)～11月10日(日): 島岡、二宮技術専門職員、電子制御工学科5年生4名(島岡研究室所属)が宮城県石巻市から女川原発、南三陸町、気仙沼市、陸前高田市、釜石市、大槌町等、三陸海岸沿いの津波被災地域の被災状況、復興状況を視察した。図10に当時の被災地の状況を示す。

(4) 11月9日(土)・10日(日): 高専祭において、島岡を中心に取り組んできた、原子力、放射線に関する事項について、図11、図12に示すパネル4枚を、電子制御工学科展の一部として展示して来校者へ情報提供した。



(a),(b),(c) : 南三陸町防災対策庁舎とその周辺 (d) : 道路沿いに建ち並ぶ仮設住宅群  
 (e) : 気仙沼線清水浜駅北側崩落現場 (南三陸町と気仙沼市境界付近 (約200m奥が海岸))  
 (f),(g) : 陸前高田市「奇跡の一本松」付近 (かつては松林であったとの面影はない)  
 (h),(i) : 旧大槌町役場とその周辺 (瓦礫類は撤去されているが、その後は手つかずの状態)  
 図 10 三陸海岸沿いの津波被災地域の状況



奈良高専  
電子制御工学科 教授 鳥岡三彦

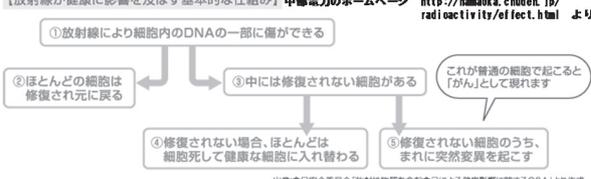
2011年3月11日 東日本大震災および福島第一原子力発電所事故以降の原子力と放射線についての学習



原子力や放射能の怖さって何だろう？

---

【放射線が健康に影響を及ぼす基本的な仕組み】 中電電力のホームページ <http://hamako.chuden.jp/radi/octvtr/eflect.html> より



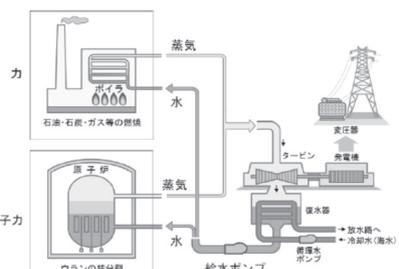
①放射線により細胞内のDNAの一部に傷ができる  
 ②ほとんどの細胞は修復され元に戻る  
 ③中には修復されない細胞がある (これが普通の細胞で起こると「がん」として現れます)  
 ④修復されない場合、ほとんどは細胞死して健康な細胞に入れ替わる  
 ⑤修復されない細胞のうち、まれに突然変異を起こす

出典: 食品安全委員会「放射線を含む食品による健康影響に関するQ&A」より作成

私たちは病気の発見、診断、治療のためにレントゲン撮影やCTスキャンなどを利用します。また、自然界にも宇宙からの放射線が存在し、食物にも放射性カリウムが存在して、体内に取り込んでいます。これらの被曝線量は吸収線量が少ない場合は体内物質に悪影響を及ぼすことはありませんが、年間で100mSv (ミリシーベルト) を超える被曝を繰り返すと何らかの影響が出るようになります。日本では自然界に存在する放射線の合計は1.5 mSv程度 (宇宙線0.3mSv、大気から0.4mSv、食品から0.4mSv、空気中のラドン0.4mSv) と言われています。ちなみに、1回の胸X線撮影では0.5mSvですが、1回のCTスキャンでは、倍以上になります。Sr (シューベルト) という名の弱い放射線単位ですが、放射線防護の分野で用いられている単位です。

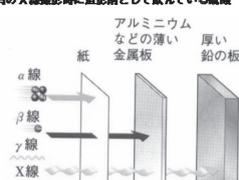
一方、新聞等で報道されている放射線汚染物質の放射線の強さとしてBq (ベクレル) の単位が用いられていますが、1Bqは放射線原子核が1秒間に1回崩壊することを意味します。原子核が崩壊するときに放射線を放射しますが、Bq単位の放射線が大きいほど放射線は強いこととなります。ただし、高い放射線を有する物質があっても被曝しなければ安全ということになります。もし、<sup>131</sup>Iの放射線がセシウム (<sup>137</sup>Cs) が放射線を出さないように被曝量を減らす。人体への影響はほとんどないといわれています。放射性セシウムは水質がよくなるが、セシウムは自然界に存在する放射性物質の約半分を占めています。放射線物質は放射線を放出すると共に別の原子に変化し、放射線が減少していきます。物質を構成する元素の原子番号が変化するかわかりませんが、崩壊して放射線が半分減少する期間を「半減期」と言います。福島原発の事故発生直後に注目されたのが放射性ヨウ素 (I) でした。このヨウ素の半減期はおよそ8日なので、一ヶ月ほどで全体の90%ほどまで減少しますので、全周囲に散らばってしまいません。ヨウ素はキセノン (Xe) という元素に変化しますが、強力な光を発生するランタンの封入ガスに用いられています。その際、放射性セシウムが高濃度になりました。このセシウムの半減期は30年ですので、全体の約10%以上が残留するまでにおよぶ(10倍)という過半数が必要になります。なお、セシウムはバリウム (Ba) に変化します。腎臓のX線造影剤に造影剤として使われている硫酸バリウムの材料です。

右に火力発電と原子力発電を示しますが、どちらも高温の蒸気(水蒸気)をタービンに吹き付けて発電機を回転させて電力を生み出すことに違いはありません。水蒸気を発生させる燃料が違っただけです。火力発電所では、石油、石炭、あるいは天然ガスなどの燃料を燃焼させることにより発生される二酸化炭素(CO2)、硫酸酸化窒素(SOx)や窒素酸化窒素(NOx)を燃焼炉以下に取り除く必要がありますが、原子力発電所では、発電機でCO2、SOxやNOxも排出されないメリットがあります。このため、原子力発電は「クリーンエネルギー」と言われてきました。一方、使用済み核燃料は放射線を保有し続けます。放射線を吸収して減らす必要が必ずあります。使用済み核燃料の再処理、最終処分方法、場所が確定していない現状が問題となっています。



出典: 『原子力・エネルギー』西岡雄 2012.5-1-1

右側に主要な放射線種とその透過能力を示しますが、α線(陽子線)は空気中での飛程が短く、紙でも遮断できるの心配は不要かと思われ、β線はα線より強力ですが、薄い金属板で遮断できる。γ線は放射線防護にもっとも危険な放射線種です。レントゲン撮影にも出るγ線(X線)には注意が必要です。原爆事故後、γ線がどの程度環境に放出されているかが全国各地で測定されました。本校でもRoIシンチレーションサーベイメータで測定されたγ線(セシウム137)線を定期的に測定しています。専門家の方で放射線防護に関する報告を行う同校施設「総合放射線防護委員会」では、原爆事故後の放射線測定値が年間1 mSv以下であれば健康に影響を及ぼさないとされています。



アルミニウムなどの薄い金属板  
紙  
α線  
β線  
γ線  
X線

薄い鉛の板

図 11 平成 25 年の高専祭にて展示したポスター (4 枚中の 1, 2 枚目)

### 奈良高専近辺の放射線量ほどの位?

電子制御工学科 教授 鳥岡三憲

平成24年1月から2・3回/週ペースで1mシンチレーションサーベイメータで地上1m付近のγ線量の測定を行っています。右のグラフは平成24年1月から2月にかけた測定結果です。年間の線量は $24 \times 365$ とすれば良いので、およそ $700 \mu\text{Sv}/\text{年} \sim 0.7 \text{mSv}/\text{年}$ になります。残念ながら原発事故以前の測定データがありませんので、事故前後の変化は不明ですが、国電放射線防護委員会が安全だとする放射線管理目標値の1m以下であることから、また、電子制御工学科棟玄関前南側地上1m付近の放射線量も現在 $0.07 \mu\text{Sv}/\text{hr} \sim 0.62 \text{mSv}/\text{年}$ であることから、放射線に対する過度な心配は不要と思われる。

また、ポット線量計での自己線量率の測定も行っています。右下の小さな線量計を常時胸ポケットに入れて測定します。多くの学生に協力していただきました。図に示すように、居住地によって、線量率の違いが認められます。7日間で $20 \mu\text{Sv}$ 以上の地域もありますが、7日間で $20 \mu\text{Sv}$ の場合は年間1.0mSv程度ですから、これも深刻な値ではないと考えて良いと思えます。

日本全国の放射線汚染マップを下に示します。左側の緑・黄緑は北緯・東経を示し、土中の放射線を色分けしています。右側は都道府県別の色分けになっていますが、福島第一原発付近の値が濃いのが一目瞭然ですが、日本アルプス、飛騨山脈を隔てると中国地方に汚染が広がっていることがわかります。震災事故時の気候、日本の地形によって汚染被害に差が出たことを理解しておきましょう。

放射線線量によって人体の一部が曝露すると、その曝露はきわめて微量と言われています。Cs137に汚染された物質を摂取すると、およそ100年は体内に蓄積することになります。一方で放射線の有効利用も図られています(右のツリー参照)。

### 放射線の有効・平和利用

電子制御工学科 教授 鳥岡三憲

#### 医療の世界で用いられている放射線

★使い捨ての医療器具の殺菌 ★がん治療

ガラス製の医療器具は消毒水で殺菌されていましたが、現在のプラスチック製の使い捨て医療器具の多くは熱に弱く、変形してしまいますので、放射線による殺菌が行われています。「がん」の治療法の一つに放射線治療法があります。放射線治療法は、放射線でがん細胞を破壊して小さくし、消滅させることを目的としています。

出典:(独)放射線医学総合研究所  
放射線治療は、上の図のようなニック治療装置が用いられています。このような治療法で助かっている人がいる現実がありますが、放射線の過度な曝露は危険であることを述べました。放射線は「両刃の剣」と言えますので、正しい知識を習得する必要があります。

#### 食品に用いられる放射線

★放射線によって生じる突然変異を利用した新品種の開発により、耐病性や高収量など優良な作物が生産されています。

★日本では、二十世紀梨を品種改良してゴールド二十世紀梨が開発されました。二十世紀梨は黒腐病にとても強くその点が問題点でした。

★放射線を照射することで、ジャガイモの芽止めをするのを日本が世界で初めて商業化に成功しました。

★米国では、生肉のO-157などが原因で多くの食中毒が起こりましたが、日本でも発生して問題になったことを記憶されている方は多いと思います。食中毒を防ぐために生肉に放射線照射が行われて

#### 害虫駆除に用いられる放射線

①駆除したい害虫を工場で大量に培養させる。  
②害虫の小さな若虫にガンマ線をあてる。  
③小さな若虫にする。  
④不妊オスが自給卵のメスと交尾して生まれる卵は不化しない。  
⑤これを農産物に送りこくことで絶滅する。

①駆除したい害虫を工場で大量に培養させる。 → ②害虫の小さな若虫にガンマ線をあてる。 → ③小さな若虫にする。 → ④不妊オスが自給卵のメスと交尾して生まれる卵は不化しない。 → ⑤これを農産物に送りこくことで絶滅する。

#### まとめ

「原子力」→「核反応」→「原子爆弾」? 我が国では1970年代に原子力発電所が建設されてから、およそ40年間にわたって「原子力」の恩恵を受けてきました。原発に限らず、人工建造物には「寿命」が存在し、いつかは廃棄処分されます。廃棄処理は簡単ではないのが「原子力」の大きな問題です。原子力に対してあまりにも無関心であったように思ひ、反省しているところです。放射線は自然界にも食物にも存在するもので、全く無害でないということはありません。どの程度の曝露量なら安全・安心なのか? 決定的な値はわからないと言えます。放射線防護には3原則があり、時間・距離・遮蔽の3つを言います。「時間」は、放射線に曝されている時間を短縮すること。「距離」は放射線源と自分の中間に遮蔽物を設置すること。「遮蔽」は、放射線と自分の距離を短縮することです。これを守り、支援することで被曝量を軽減できます。「原子力」は放射線 産正しく知って、正しく怖がるのが大事だと思いますが、正しい知識を習得するために、まだまだ勉強が必要だと認識しています。

図12 平成25年の高専祭にて展示したポスター(4枚中の3,4枚目)

### 5. おわりに

我が国における原子力人材育成事業は、大学における原子力工学系人材の不足が懸念されたことが発端である。福島第一原発事故後の原子力行政の行方とは直接的には関係しないし、筆者らも原子力を積極的に推進していく意図はない。原子力を利用するに当たっては、核物理学以外に、高専でも修得できる材料(物性、強度)、熱・流体力学、振動、電気・電子工学などの知識が必要であり、原子力を専門とする学科を持たない高専卒業生でも原子力産業に従事する可能性が否定できないことから、少しでも原子力

に関する知識を持った学生を育成しておきたいと考えて、平成23年度からの育成事業に参加した次第である。原子力人材育成事業に直接参加した学生は決して多くはないし、原子力や放射線に関する学問分野の一端に触れただけかも知れない。少しでも異分野に興味を持っていただければと思うし、人材育成事業は他高専の学生との交流もできる良い機会と捉えて、今後の事業に参加していただければ幸いです。

本事業の遂行にあたり、人材育成事業に参加した学生諸君、自己被曝線量測定に協力いただいた学生、教職員、研究協力担当職員らに謝意を表します。

奈良工業高等専門学校 研究紀要第50号

平成 27 年 3 月

編集兼  
発行者

奈良工業高等専門学校  
大和郡山市矢田町22

# RESEARCH REPORTS

## OF NARA NATIONAL COLLEGE OF TECHNOLOGY

NO. 50, 2014  
CONTENTS

|   |  |    |
|---|--|----|
| The effect of shock wave on opposed unsteady supersonic jets .....                      | Hiroshi FUKUOKA, Hiroki HAGIHARA .....                                       | 1  |
| Study on Behavior of Underwater Shock Wave in Enclosed Vessel .....                     | Hiroshi FUKUOKA, Yusuke SEKI .....   | 6  |
| The utterance attitude in speech acts .....   | Tsugio INOUE .....   | 12 |
| Abstracts .....   |  | 18 |
| Progress Report of Activities for Human Resource Development in Nuclear Fields<br>..... | Mitsuyoshi SHIMAOKA, Mizuki KITO, Shigeto NAKAMURA and Takayuki TAMAKI ..... | 23 |