

Development of hydrogen energy heater using nano catalyst

Senior Thesis by Junta Igarashi and Kitaru Niida, Supervisor: Associate Prof. Hiroshi Kitagawa
Hokkaido University of Science

Translated by Jed Rothwell, LENR-CANR.org
JedRothwell@gmail.com

1. Introduction

The Hokkaido Eastern Iburi Earthquake on September 6, 2018 caused a blackout in the whole of Hokkaido, caused by the shutdown of 3 units of the Hokkaido Electric Power Company's Toma-Atsuma Thermal Power Plant, which at that time generated half of the power in Hokkaido. Other power plants also stopped automatically to protect the power generation facilities, which triggered a power outage in Hokkaido as a whole.

Hokkaido Electric Power is on a fairly small scale. It is split among the 10 electric power companies, and it is difficult to supply electric power from other companies, due to the location of the island of Hokkaido. It can be said that Hokkaido's electric power supply is virtually isolated during a crisis. And it can be said there is an urgent need for countermeasures due to the power generation situation in Hokkaido, and new hydrogen energy might be one of the promising countermeasures.

New hydrogen energy is the energy produced by a nuclear fusion reaction. It is a deuterium fusion reaction produced by the catalytic action of metals.

The principle of the fusion reaction is shown in Fig. 1. In this fusion reaction, when two nuclei (deuterium and tritium in the figure) are close enough, the attractive force acting between the nuclei overcomes the repulsive force. To produce new atomic nuclei (helium). This is called a fusion reaction. At this time, energy and a small number of neutrons are generated ⁽²⁾.

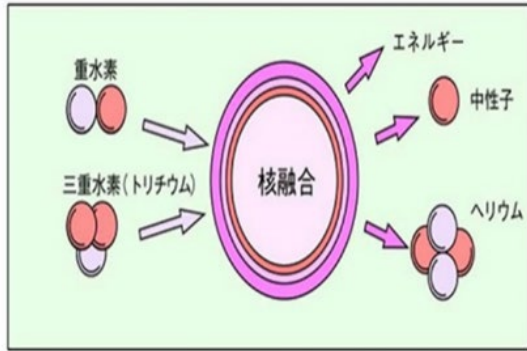


Figure 1. Principle of nuclear fusion. (Deuterium and tritium are shown undergoing fusion to produce energy, neutrons and helium.)

In the present study, by using this new hydrogen energy from fusion, we hope to confirm a new power generation method that may replace conventional power generation methods, such as thermal power, hydropower, nuclear power, wind power, and solar power generation. The purpose is to obtain an input/output ratio of energy two times or more higher than input.

2. Experimental equipment and method

Figure 2 shows a schematic of the experimental equipment. This research project started this year with the installation of equipment and the preparation of the experimental samples. With this method, excess heat is generated by a deuterium gas fusion reaction with metal. This occurs inside a reactor, which is placed inside an insulated box. The reaction is measured with air-flow calorimetry. A blower is installed on the upper part of the box which discharges the heated air. The air temperature is measured with a thermocouple, and the total amount of heat in the discharged air is calculated. The input/output ratio is calculated by comparing input power with the quantity of heat.

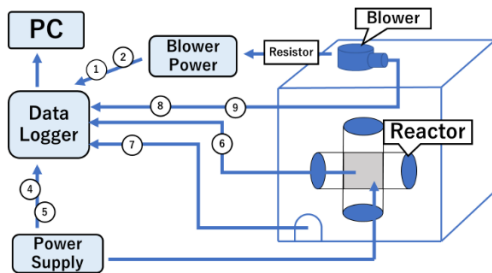


Figure 2. Schematic of equipment.

The reactor chamber is shown on the right, and the control system and measurement system are shown on the left. Shown from the lower left is the power supply, the data logger which is interfaced to personal computer for data collection. A Pirani vacuum gauge was used to measure the pressure inside the chamber.

The surface temperature of the reactor was measured at one location in the center of the reactor cylinder. Since the temperature of the reactor body varies from one place to another, the

central part where the temperature is likely to be highest was selected. In addition to the temperature, the blower voltage, current, and chamber heating power were also measured. Input voltage, current, data at one air inlet center and outlet temperature were measured every 5 to 30 seconds, and the thermal power was calculated. The numbers ① to ⑨ in Fig. 2 correspond to the data channels ① to ⑤ in Table 1, and ⑥ to ⑨ in Table 2. The data logger settings are shown in Tables 1 and 2. Note that ① and ② are the current and voltage controlling the blower.

Table 1. Data logger channels ① to ⑤, input power.

Channel	①	②	③	④	⑤
Unit	V	A	Ω	V	A
Meaning	Blower voltage	Blower Amperage	Resistance	Input Voltage	Input amperage

Table 2. Data logger channels ⑥ to ⑨, temperatures.

Channel	⑥	⑦	⑧	⑨
Unit	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$
Meaning	Reactor surface	Inlet	Outlet	Reactor body

In order to capture the heat radiated from the reactor, it is placed in an insulated box, which is shown in Fig. 3. The base of the box is 700 mm \times 500 mm, and the height is 700 mm. It is made of acrylic plastic. There is a circular hole 50 mm diameter at the bottom side, and another at the center of the top of the box. The inner surface of the box is insulated with a 10 mm thick layer of Styrofoam covered aluminum foil.

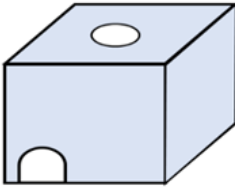


Figure 3. Schematic of insulated box.

However, this insulation cannot completely contain the heat. Therefore, the experiment is conducted by calibrating with a resistance heater (a calibration heater) which is stepped through different power levels. The calibration heater is placed in box in the same environment as the reactor. As a result, the amount of heat dissipated from the adiabatic box is obtained from the input/output measurement of the calibration heater, and the accuracy of the data is improved with a correction factor based on this ratio.

Figure 4 shows that the air outlet of the blower is attached to a plastic pipe with a round cross section, which is 200 to 300 mm long. The blower outlet is square, which complicates the

measurement of the air flow rate, so the air is channeled into the circular pipe to simplify the calculation.



Figure 4. Blower.

Using the input values from Table 1 and Table 2, heat is calculated from the temperature and air volume measured at the air outlet.

Input power to the blower in watts (W) is sent to the data logger

The values in columns ① and ② are obtained from resistors and used in equation (1).

$$Blower_{input} (W) = ((① \times ②) - (②)^2) / 3 \quad (1)$$

Where “①” means spreadsheet column 1, blower voltage.

The pressure N_p (Pa) of the gas in the reactor is expressed by equation (2) using the value in the data logger and the conversion coefficient 1330 of the output voltage.

$$N_p = (③) \times 1330 \quad (2)$$

The input value W_{in} (W) to the reactor body is expressed by Eq. (3) using the voltage and current values in columns ④ and ⑤ and the conversion factor 32 for the current and voltage output of the power source.

$$W_{in} = (④ \times ⑤) \times 32 \quad (3)$$

The temperature difference T (in degrees Celsius) between the blower outlet and the box inlet temperature is expressed by Eq. (4) by subtracting the change in the air temperature coming out of the blower, that is, the temperature difference between the air inlet (column ⑦) and outlet (⑧).

$$T = ((⑧) - (⑦) - (-0.31 \times \exp(-(Blower \text{ Input}) / 1.83))) - 0.3755 \quad (4)$$

The constant pressure air specific heat H_c (J/°C) is expressed by Eq. (5) using the air temperature from the blower outlet and column ⑧.

$$H_c = 987 + 0.066 \times (⑧) \quad (5)$$

Equation (6) shows the weight of air per second (kg/s), which is obtained from volume of air computed from the wind speed at the blower outlet.

$$\text{Air weight} = (17) \times 0.0035 * (3.5 \times \exp(-((8) + 273.2) / 201.3) + 0.415) \quad (6)$$

The thermal energy W_{out} (W) from the air outlet is expressed by Eq. (7) using the temperature difference ΔT between the box inlet and the blower outlet, the constant pressure air specific heat H_c , and the weight of air.

$$W_{\text{out}} = \text{Outlet-inlet temperature} \times \text{Specific heat of air} \times \text{Weight of air} \quad (7)$$

The heat generation W_{out} taking into account the heat recovery rate is expressed in Eq. (8), using an approximate value for the heat recovery rate.

$$W_{\text{out}}(\text{corrected}) = (W_{\text{out}}) / (0.98 - 5.0811 \times 10^{-4} \times (9)) \quad (8)$$

3. Experimental results and discussion

3.1. Study of excess heat due to deuterium

The input/output ratio values when the reactor was heated stepwise from 72 W to 1000 W were measured, and the total output was calculated from the calibration. That is to say, by adding the amount of heat dissipated estimated by comparing measured heat losses above 750 W measured with the calibration heater. The relationship between the amount of heating and the input/output ratio of the reactor is shown in Fig. 5. As shown in Fig. 5, excess heat was confirmed at all input power levels. At 345 W to 750 W, excess heat over 40% was recorded. The variations in the temperature indicate that under these conditions it is difficult to control the temperature.

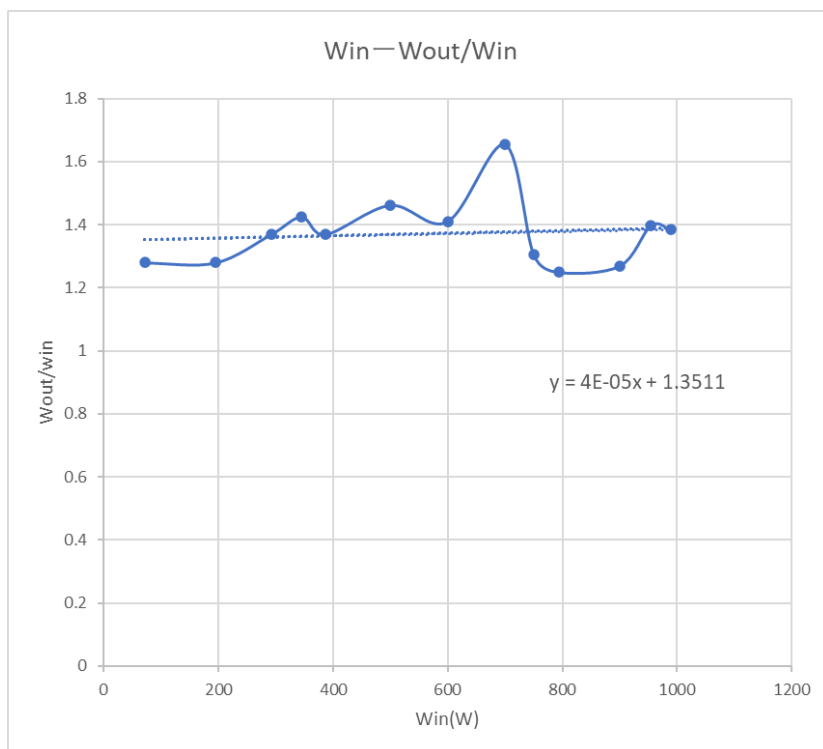


Figure 5. Relationship between the amount of reactor heating and the input/output ratio.

With the current experimental equipment, in measurements up to 1000 W, we observed definite excess heat, albeit with a rough trend with a great deal of variation. If we increase input power, we can predict from the trend so far with this method that it will be difficult to produce an input/output ratio of 2 or more.

We think the first future task should be to find the optimum concentration of deuterium from the viewpoint of quantum mechanics by controlling the gradient of heat generation, and keeping it high.

Second, a single layer of Ni is laid inside the chamber as a Nano metal catalyst, but we will consider increasing this to two layers, to increase the reaction probability.

Third, we try a different metal than the catalyst currently used to examine whether there is a more efficient metal.

Fourth, deuterium is generally not widely available, and it will take some time to obtain it. It has been confirmed that a similar reaction occurs with hydrogen, but in the current chamber, deuterium has been used. Since the deuterium has soaked into the reactor walls, it is not possible to perform experiments with pure hydrogen alone. Therefore, we need prepare a new reactor. We might grind away a layer of the inside of the existing chamber. However, it is not clear how much deuterium was absorbed, and there is uncertainty about whether this might reduce the margin of safety somewhat, so it is better to prepare a new reactor.

3.2. Measurement of radiation dose

Table 6 shows the unit conversion based on the radiation dose in the laboratory on the day of the experiment and the value written in the Sapporo Shimbun newspaper. Table 7 shows the average monthly radiation dose. The figures in Table 6 shown in red represent radiation doses that were higher, either in reactor, or higher ambient doses. As can be seen in Table 7, the radiation level in Sapporo is nearly the same all year around. The normal value reported in the Hokkaido Shimbun is 0.17 ~ 0.91 mSv/y (the units have been converted into milliSievert per year). Based on these two facts, we conclude there may be very slight radiation but it is too small to affect the human body. Although it cannot be ignored, as long as it is observed when this experiment is performed, it is considered so low that experiment can be safely performed. However, in the future, it will be necessary to closely cooperate with external institutions to ensure safety. To be specific regarding radiation, we will continue to use Dosimetry badges Chiyoda Techno Co., Ltd. These badges are clipped to the shirt, and they measure the amount of radiation the body is exposed to.

4. Conclusion

As a result of this experiment, we conclude that the equipment did produce excess heat. Although the target energy input/output ratio of 2 was not reached, we conclude that it is theoretically possible to reach this ratio.

Acknowledgment

We would like to express our sincere gratitude to Dr. Yutaka Tobita, a lecturer at the School of Education, and Mr. Masao Muto, President of Hokkai Kodenshi Co., Ltd., for the guidance of this senior graduation thesis.

References

- (1) F.D. Pete: Men who cause controversy in cold fusion science (1995)
- (2) In search of fusion energy (1) -Fundamental basics of fusion:
<http://www.fusion.qst.go.jp/reading5/pamphlet/PDF/shousasshi-1.pdf>
- (3) Hokkaido Shimbun

Table 6 Comparison of radiation dose between the laboratory and Sapporo (3) (mSv/y)

Date	chamber	Sapporo city
Oct. 16	0.25	0.31
Oct. 17	0.30	0.40
Oct. 18	0.32	0.32
Oct. 21	0.26	0.32
Oct. 23	0.38	0.31
Oct. 24	0.34	0.32
Oct. 25	0.29	0.31
Oct. 28	0.33	0.31
Oct. 29	0.29	0.32
Oct. 30	0.32	0.38

Table 7 Comparison of average monthly radiation dose (mSv/y)

	October	November	December
Chamber	0.31	0.36	0.34
Sapporo	0.30	0.35	0.32

1. 緒言

2018 年 9 月 6 日北海道胆振東部地震により、北海道全体がブラックアウトに見舞われた。原因は、当時北海道の発電量の半分を支えていた北海道電力苫東厚真火力発電所の 3 基が止まってしまったことにある。他の発電所も発電設備保護のために順次自動停止した為、北海道全体で停電を起こしてしまった。

北海道電力は、電力 10 社の中でも規模がかなり小さく、地方的に他社からの電力供給も難しい。北海道の電力供給は、危機事象に対して事実上孤立していると言える。これらのことから、北海道の発電状況から早急に対策が必要であると言える。その対策の一つとして新水素エネルギーを用いる。

新水素エネルギーとは、核融合的反応から生まれたエネルギーで、金属の触媒作用により重水素を核融合させて生まれたものである。

図 1 に核融合的反応の原理を示す。核融合反応では、2つの原子核（図では重水素と三重水素）が十分近づくと、原子核の間に働く引力が反発力（斥力）に打ち勝ち 1 つに融合し、新しい原子核（ヘリウム）が生まれることである。これを核融合反応という。この際にエネルギーと僅少な中性子が発生する⁽²⁾。

本研究では、この核融合を用いた新水素エネルギーを用いて、従来の発電方法である火力・水力・原子力・風力・太陽光発電等に代わる新しい発電方法を確立する。また、その新しい発電方法のエネルギーの入出力比 2 倍以上を求めることを目的とする。

2. 実験装置及び実験方法

図 2 に実験装置の概要を示す。今年度装置の設置、実験環境の整備から始めた研究である。金属の触媒作用による重水素ガスと金属の核融合的反応による過剰熱を測定した。測定方法は、断熱箱内部で発熱させ、上部にブロワーを設置し加熱した空気を排出させる。その空気を熱電対で測定し、排出される空気の熱量の総量を算出する。その後、入力した空気の熱量と比較することで入出力比を算出する。

反応炉（チャンバー）を右側、制御系、測定系、を左側に記述した。左下から、入力電源、データロガー、データ集積用パソコンとなっているチャンバー内の圧力測定はピラニー真空計を使用した。測定は炉温度としてチャンバー表面中央部を 1 か所測定する。炉体温度は場所によって違うために温度が高いであろう中央部を選んで定期的に測定した。さらに送風機電圧、電流、チャンバー加熱用入力電圧、電流、空気入口中央部 1 箇所と出口温度のデータを 5～30 秒毎に測定し、熱計算を行った。図 2 の数字①～⑨は表 1 の①～⑤、表 2 の⑥～⑨のチャンネルに対応している。表 1、表 2 にデータロガーの設定を示す。また、①・②はブロワーを制御するための電流と電圧である。

チャンバーの上から覆い、発生した熱を逃がさないようにするための断熱箱の形状を図 3 に示す。箱の大きさは縦、横、高さが 700mm、500mm、700mm のアクリル箱を使用する。箱の横側底部と上部中央に直径 50mm の円形の穴を開ける。上の穴はブロワー設置し空気出口とする。箱の内部表面は厚さ 10mm のアルミ箔で被覆した発泡プラスチックフィルムで覆われている。しかし、この断熱箱でも熱を完全に封じ込めることはできない。その為、発熱抵抗（校正ヒーター）でもチャンバーと同様の環境で入力電力を変え実験を行う。これにより校正ヒーターの入出力測定から断熱箱から散逸した熱量が

求められるため、この量を回収する補正式を求めてデータの精度を高めていく。

図 4 にブロワーの空気出口には、プラスチック製の断面が丸いパイプ、長さ約 200～300mm のものを取り付けた。これはブロワーの出口断面形状が長方形では場所による風速が不均一で風量計算が複雑になるため、簡単に計算を行うために円形とする。

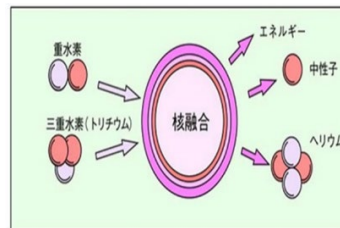


図 1 核融合の原理

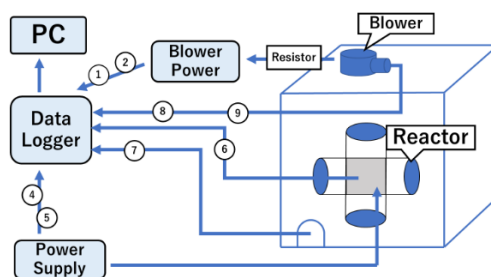


図 2 実験装置概要

表 1 データロガーの設定 (①～④)

番号	①	②	③	④	⑤
単位	V	A	Ω	V	A
名称	電圧	電流	抵抗	入力電圧	入力電流

表 2 データロガーの設定 (⑤～⑨)

番号	⑥	⑦	⑧	⑨
単位	℃	℃	℃	℃
名称	表面温度	入口温度	出口温度	炉体温度

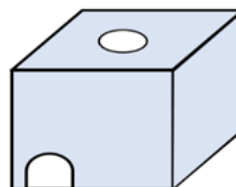


図 3 断熱箱の形状



図 4 ブロワーの概要

これらは表 1 表 2 からの入力値を使用して、空気出口で測定した、温度、風量から熱の計算を行う。

ブローへの入力計算 Blower in(w)を、データロガーの設定①列、②列の値を抵抗器の値を用いて(1)式で表す。

$$\text{Blower in}_{(w)} = ((\text{①} \times \text{②}) - (\text{②})^2 / 3) \quad (1)$$

「①」は表 1 に示されている電圧である。

炉内ガスの圧力 Np (Pa)をデータロガーの設定列の値と出力電圧の変換係数 1330 を用いて(2)式で表す。

$$\text{Np} = (\text{③}) \times 1330 \quad (2)$$

炉体への入力値 Win(W)を④列、⑤列の電圧、電流値と電源方の電流と電圧出力の変換係数 32 を用いて(3)式で表す。

$$\text{Win} = (\text{④} \times \text{⑤n}) \times 32 \quad (3)$$

ブロー出口と箱入口温度の温度差 T(°C)を⑦、⑧列より空気出口、入口の温度差からのブローから出てくる空気温度が変化する量を差し引いて(4)式で表す。

$$T = ((\text{⑧}) - (\text{⑦}) - (-0.31 \times \text{EXP}(-(\text{Blower input}/1.83))) - 0.3755) \quad (4)$$

定圧空気比熱 Hc(J/°C)を、ブロー出口からの空気温度、⑧列を用いて(5)式で表す。

$$\text{Hc} = 987 + 0.066 \times (\text{⑧}) \quad (5)$$

ブロー出口の風速から得られた風量を空気重量 Air weight(kg/s)で表す式を、(6)式に示す。

$$\text{Air weight} = (\text{⑩n}) \times 0.0035 \times (3.5 \times \text{EXP}(-((\text{⑧}) + 273.2)/201.3) + 0.415) \quad (6)$$

空気出口からの熱エネルギーWout(W)をブロー出口と箱入口温度の温度差 T、定圧空気比熱 Hc、空気重量 Air weight を用いて(7)式で表す。

$$\text{Wout} = \text{出口} - \text{入口温度} \times \text{空気の比熱} \times \text{空気の重量} \quad (7)$$

熱回収率を考慮した空気出口からの発熱量 Wout を熱回収率から近似値を用いて(8)で表す。

$$\text{Wout}(\text{corrected}) = (\text{Wout}) / (0.98 - 5.0811 \times 10^{-4} \times (\text{⑨})) \quad (8)$$

3. 実験結果及び考察

3.1. 重水素による過剰熱の研究

チャンバーの加熱量を 72W から 1000W までの入出力比の値を取得し、750W 以下を上述の校正ヒーターとの対比で熱散逸分を校正（追加）して出力を算出した。図 5 にチャンバーの加熱量とチャンバーの入出力比の関係を示す。図 5 に示すように、すべての入力で過剰熱を確認することができた。345W～750W では 4 割以上の過剰熱を記録した。値にはバラつきが見られた為、このままでは温度の制御は難しいと考えられる。

現在の実験装置で 1000W までの測定で、発熱の傾向が概ね把握できた。このまま入力を上げていけばこれまでの傾向から予測すると、現在の環境、方法では入出力比 2 倍に到達するのは難しいと考えられる。

今後の課題として 1 つ目は、発熱の勾配の高い制御して量子力学の観点から重水素の最適濃度を求める。

2 つ目は、ナノ金属触媒として Ni をチャンバーの内側に敷設しているが、それを二層に増やし反応の確率を高めることを検討する。

3 つ目に現在使用している触媒の金属を変更し、より高効率な金属がないかを検討する。

4 つ目に、重水素は一般にあまり普及していないため入手にある程度の時間を要してしまう。そこで、水素でも同じような反応が起こることが確認されているが、現在のチャンバーでは重水素が染み込んでいるため、純粋な水素のみでの実験を行うことが出来ない。その為、新しいものを用意する。既存のチャンバーの内側を削る。しかし、どの程度重水素が染み込んでいるのかわからない、安全強度が多少下がるといった不確実性がある。その為新しいものを用意した方がよいと

考えられる。

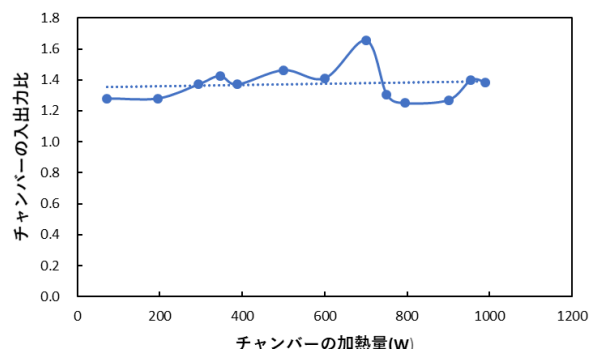


図 5 チャンバーの加熱量と入出力比の関係

3.2. 放射線量の測定

実験を行った日の実験室内の放射線量と札幌市の北海道新聞に記載されていた値をもとに単位換算をおこなったものを表 6 に示す。また、表 7 は月間の放射線量の平均を表している。表 6、の赤い字は値の大きい方を表している。表 7 からわかるようにほぼすべての日付で札幌市の放射線量が同等の値を示している。更に北海道新聞で書かれている平常値を単位換算すると 0.17～0.91mSv/y までだとされている。これらのことから人体に影響がない程度の僅少なものと考えられる。発生していることが認められる以上無視することはできないが、本実験では安全に行うことができていると考えられる。今後は外部の機関とも連携を取りより厳密にやっていく必要がある。具体的には、株式会社千代田テクノルのガラスバッチを使用していく。ガラスバッチとはクリップで体につけその人に当たっている放射線の量を測定するものです。

4. 結論

本実験を行った結果、実験装置より過剰熱が発生させることは可能であることが分かった。しかし、目的であるエネルギーの入出力比 2 倍には至らなかったが理論値上では入出力比 2 倍にすることも可能ということが分かった。

謝辞

本卒業論文の作成にあたり、全学共通教育部講師飛田豊先生、(株)北海光電子代表取締役武藤正雄氏、のご指導いただき、ここに深く感謝の意を表す次第であります。

参考文献

- (1) F・D・ピート：常温核融合科学論争を起す男たち(1995)
- (2) 核融合エネルギーを求めて（1）－絵でわかる核融合の基礎：
<http://www.fusion.qst.go.jp/reading5/pamphlet/PDF/shousasshi-1.pdf>
- (3) 北海道新聞

表 6 実験室と札幌市の放射線量の比較⁽³⁾ (mSv/y)

10月	チャンバー	札幌市	10月	チャンバー	札幌市
16日	0.25	0.00	24日	0.34	0.00
17日	0.30	0.00	25日	0.29	0.00
18日	0.32	0.00	28日	0.33	0.00
21日	0.26	0.00	29日	0.29	0.00
23日	0.38	0.00	30日	0.32	0.00

表 7 月間の放射線量の平均値の比較(mSv/y)

	10月	11月	12月
チャンバー	0.31	0.36	0.34
札幌市	0.30	0.35	0.32