

'18

前期日程

# 理科小論文

(教育学部)

## 注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. 問題冊子は1冊(4頁)、解答用紙は3枚、下書用紙は1枚です。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所等があった場合には申し出てください。
3. 氏名と受験番号は解答用紙の所定の欄に記入してください。
4. 解答は指定の解答用紙に記入してください。
5. 解答用紙は持ち帰ってはいけません。
6. 問題冊子と下書用紙は持ち帰ってください。





## 問 題

ラヴォアジエ(A.-L. Lavoisier 1743 ~ 1794)は、当時主流であったフロジストン説で燃焼の過程を統一的に説明することが難しいことに気づき、燃焼を酸素との結合として説明した科学者である。以下の文章を読んで次の問に答えなさい。

### 燃焼とは何か — フロジストン説

光と熱と火炎を発する不可思議な現象、燃焼が古来多くの錬金術者を魅了し、恐怖させてきた。その本質を解明することはいわば人々の「ホット」な感動に根ざす要求である。一方「理性の世紀」17世紀の知識人は、化学現象の全体を整理し体系化する「理論」をさがし求めていた。四元素説<sup>1)</sup>や三原質説<sup>2)</sup>も「理論」にはちがいがなかったが、観念的、直観的、神秘主義的で、近世に芽ばえた経験主義の思潮、合理主義の潮流に満足にあたえるものではなかった。その要求は魔術的自然観を克服しようとする「クール」な指向でもある。

この「ホット」でかつ「クール」な要求に答える化学理論として17世紀後期から18世紀初期にかけて形成され、18世紀後期にラヴォアジエによって「粉碎」されるまで、ほぼ全ヨーロッパの化学界を支配したのがフロジストン理論である。

1669年、ドイツの医学者ベッヒャー(J. J. Becher 1635 ~ 1682)はパラケルスス以来の三原質説に修正を加えたが、さらに燃焼についての新説をのべた。すなわち、可燃性物質には「油性の原質」なるものが含まれ、燃焼にさいしてはこの原質が逃げだす、というのである。

やがて1723年、ベッヒャーの弟子シュタール(G. E. Stahl 1660 ~ 1734)はベッヒャーの燃焼の説をさらに発展させ、体系化した。シュタールは、燃焼を担う原質として「油性の原質」のかわりに「フロジストン」(フロジストン phlogiston)なるものを考えた。アリストテレス自然学にちなむギリシア語から作られた語で、「燃えるもの」という意味をもっており、「燃素」と訳されることもある。シュタールによれば、燃焼にさいして火炎、熱、光を発しながらフロジストンが離脱していく。木を加熱すれば炎と熱と光を発して燃素が放出される。木には大量のフロジストンが含まれているか

ら燃焼によってそれを失えば大いに減量し、あとに少量の灰が残る、と考える。つまり式で示せば

$$\text{木材} - \text{フロジストン} = \text{灰} \quad (\text{減量}) \quad \text{式 1}$$

となる。この素朴で感覚的な説明は錬金術者の「経験」にも一見よく適合し、「合理的」な燃焼理論として全ヨーロッパの学者に歓迎され、ラヴォアジエの正解が出るまで約50年間化学の定説となった。誤解のないよう、ラヴォアジエの正解、すなわち現代のわれわれの知識を前もって記しておくならば

$$\boxed{\hspace{10em}} \quad (\text{増量}) \quad \text{式 2}$$

である。ここに至る経緯を追うのが本書の主題なのである。酸素はまだ未知であった。

フロジストン説は「合理的」な化学理論として、物質の化学組成や多くの化学反応、化学変化の過程の説明にもちいられ、さらには製鉄、冶金術などの技術を導く理論ともなった。しかしながら、万能の武器と考えられたフロジストン概念もやがてひとつの困難、矛盾、パラドックスに逢着する。それは重量 — 正しくは質量 — の問題である。

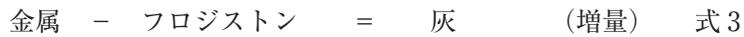
(中略)

やがて18世紀も後半に入る。化学変化、すなわち重量をもつ物質の反応と変化を考える化学者にとって重量は重要な指標となる。イギリスのブラック(J. Black 1728 ~ 1799)などが「天秤で目方を測る研究法」の先駆者とされるが、ここでもまたラヴォアジエが決定的な役割を果す。ここではまず「序曲、フロジストン説の背理」を語らねばならない。

さっき示した木材燃焼の『化学式』をみてほしい(式1)。木が燃え、大量のフロジストンを失って少量の軽い灰が残る。したがってここで離脱したフロジストンは明らか

にプラスの重量をもっているはずである。

ところが、金属を焼いて灰にするプロセスを、重量を測って追跡すると困った結果が出てきた。灰(今日の酸化物)の目方が元の金属よりも重かった(!)のである。式で書けばこうなる。



フロジストンが抜けだしたのに、残った灰はかえって重くなった。ということは、この場合フロジストンはマイナスの目方をもつことになる。木材から出るフロジストンは常識的なプラスの目方、そして金属から出ていくフロジストンはマイナスの目方とは!?

読者が混乱しないよう、今日の化学の知識で書けば



となる。当然のことである。これこそラヴォアジエがフロジストン説を打倒して確立した新しい—すなわち今日の—化学理論の結果である。

ともかく 18 世紀後半の段階ではこの、負の重さの (「正の軽さ」の) フロジストンの問題は多くの学者を混乱におとし入れた。フロジストン理論を確信する人は「負の重量をもつ燃素(フロジストン)があってもかまわない」と強弁した。

ともあれ、このような致命的な問題点はあるにせよ、フロジストン理論は、化学の近代化の歴史における最初の理論らしい「理論」ではあった。単一の原理から演繹し、単一の原理をもちいて化学のできるだけ広い範囲をカバーし、整序し、「説明」したという意味で。

この致命傷にメスをいれ、治療し、全快させる偉業を達成したのがラヴォアジエである。

(出典：中川鶴太郎 『ラヴォアジエ』 清水書院, 1991, 一部改変)

脚注

- 1) 四元素説：この世界の物質は、火・空気・水・土の4つの元素から構成されるとする思想
- 2) 三原質説：万物の根源は水銀(液体性)、硫黄(燃焼性)、塩(不活性)からなるとする思想

問 1 下線部 a にあるフロジストン理論を 80 字以内で説明しなさい。

問 2 式 2 は、式 1 を現代のわれわれの知識に基づいて、書き直したものである。  
他の式を参考にして式 2 を書きなさい。

問 3 下線部 b に関して、鉄鉱石から鉄が得られる過程を

- (1) 現代のわれわれの知識を用いて 100 字以内で説明しなさい。
- (2) フロジストンの理論を用いて 100 字以内で説明しなさい。

問 4 下線部 c の「フロジストン説の背理」とはどのようなことか。200 字以内で説明しなさい。

問 5 フロジストン理論を確信する人々は、下線部 c の「フロジストン説の背理」に対しては、下線部 d のように強弁した。また、「密閉した容器内では多量の木材が最後まで燃え続けることができない」という事実に対しても、「燃焼の途中で容器内がフロジストンで飽和するためである」と主張し、燃焼を空気中に含まれる物質との結合として説明するラヴォアジエの考え方を認めようとしなかった。

あなたはラヴォアジエの考え方に賛同する科学者であるとする。そしてフロジストン理論を確信するこれらの人々に、ラヴォアジエの考え方のほうが合理的であることを示したい。そのための実験を立案し、以下のイ)～ハ)のポイントを含めて説明しなさい。必要があれば図を用いてもよい。

- イ) 実験方法と期待される実験結果
- ロ) ラヴォアジエの考え方による、イ)の結果の解釈
- ハ) フロジストン理論では、イ)の結果を合理的に解釈できないこと









