

# 講義中の注意



- 講義中は、参加者のマイク・カメラの機能はミュート状態になります。
- 進行はスタッフ及び講師が行いますので、指示に従ってください。
- 質疑応答の時間は、参加者のマイクをオンにして質問を受け付けることもあります。希望される方は「チャット欄」で申し出てください。

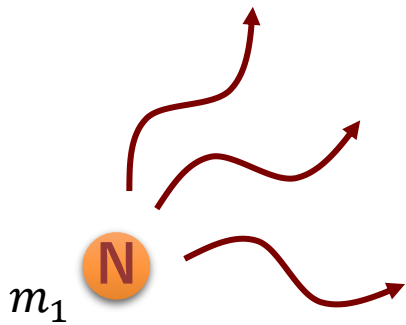
# 電験三種 ライブ講義

## 第6回 磁気全般

# 磁界とは

2つの考え方があります。

## 1. 磁荷から発生する

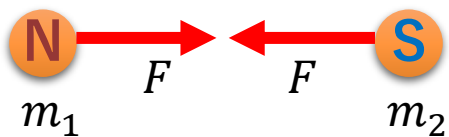


電界の概念を磁気にも適用するという考え方

磁界  $H = \frac{m_1}{4\pi\mu r^2}$  [A/m]

磁荷間で働く力  $F = \frac{m_1 m_2}{4\pi\mu r^2}$

引力

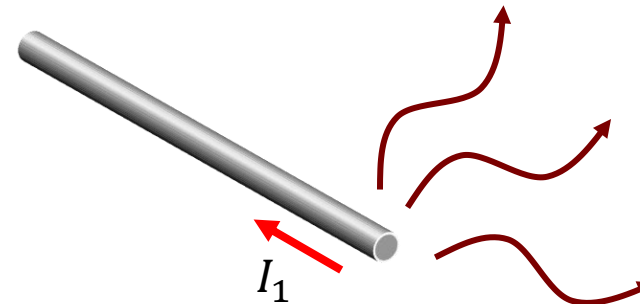


斥力

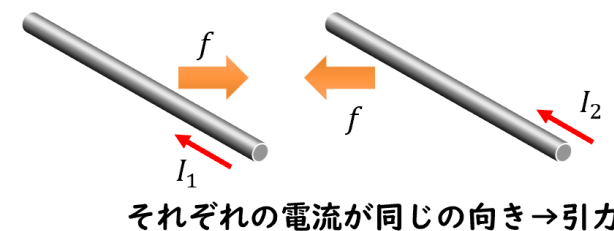


磁荷  $m_1, m_2$  [Wb] (ウェーバー)

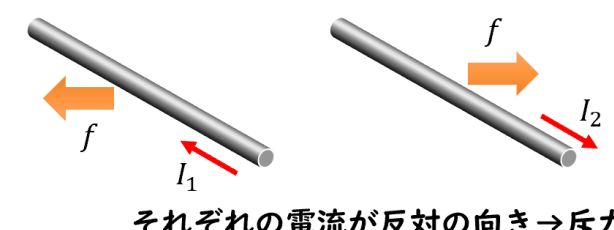
## 2. 電流から発生する



電流が電気の世界と磁気の世界の橋渡しをするという考え方



それぞれの電流が同じの向き→引力



それぞれの電流が反対の向き→斥力

磁界  $H = \frac{I}{2\pi r}$  [A/m]

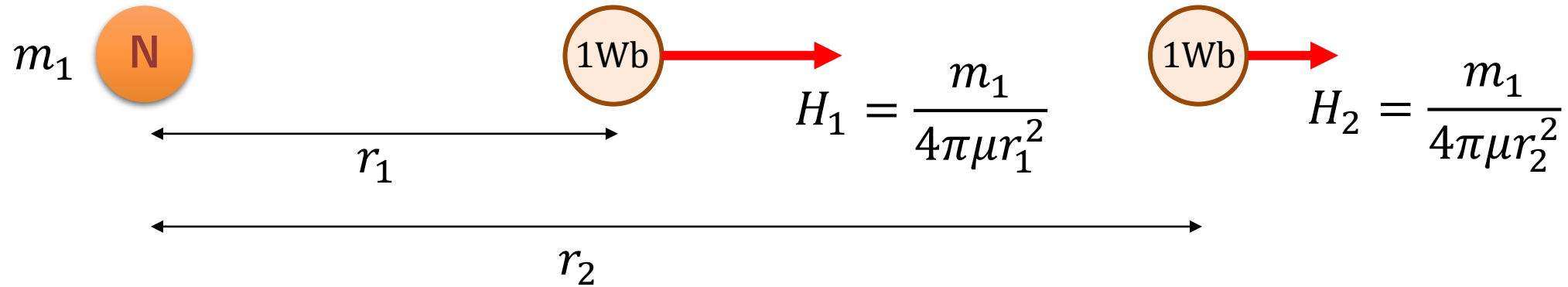
電流間に働く力 (アンペール力)

1mあたりに発生する力  $f$

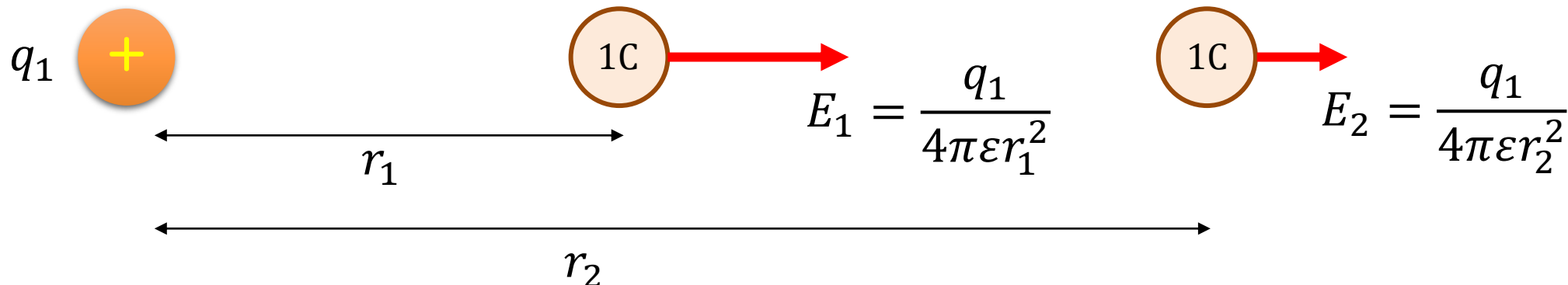
$$f = \frac{\mu_0}{2\pi r} I_1 I_2 \text{ [N/m]}$$

# 磁荷と磁界

磁界とは磁荷 $m_1$ が1Wbの磁荷に与える力  $F = \frac{m_1 \times 1}{4\pi\mu r^2} \rightarrow H = \frac{m_1}{4\pi\mu r^2}$



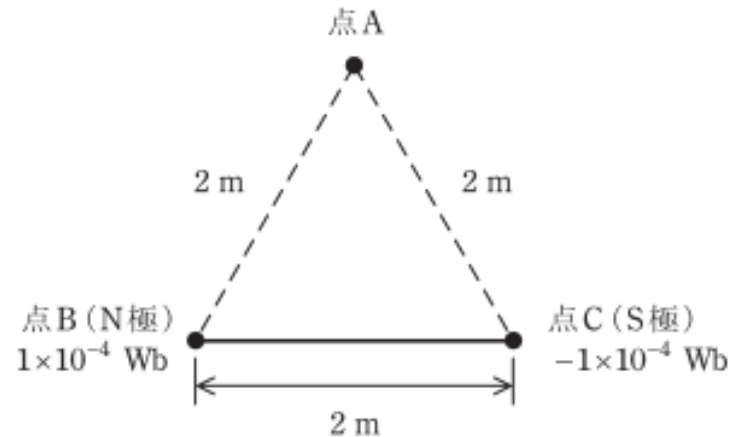
電界とは電荷 $q_1$ が1Cの電荷に与える力  $F = \frac{q_1 \times 1}{4\pi\epsilon r^2} \rightarrow E = \frac{q_1}{4\pi\epsilon r^2}$



# H30 問3

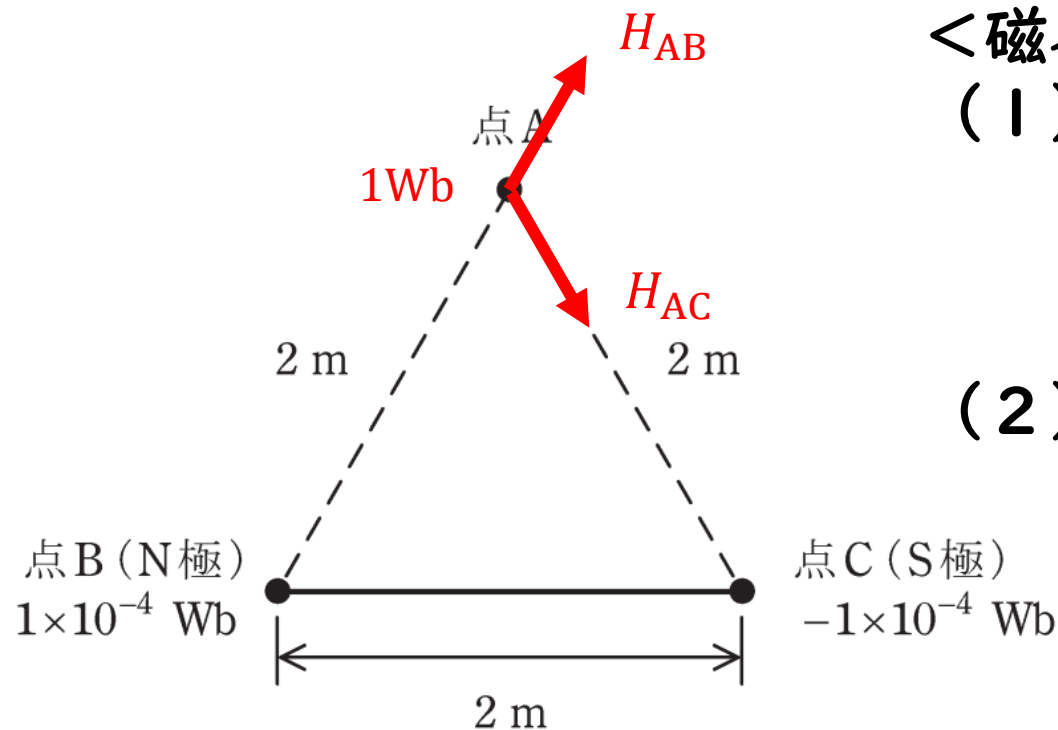
問3 長さ2 mの直線状の棒磁石があり、その両端の磁極は点磁荷とみなすことができ、その強さは、N極が $1 \times 10^{-4} \text{ Wb}$ 、S極が $-1 \times 10^{-4} \text{ Wb}$ である。図のように、この棒磁石を点BC間に置いた。このとき、点Aの磁界の大きさの値[A/m]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、点A、B、Cは、一辺を2 mとする正三角形の各頂点に位置し、真空中にあるものとする。真空の透磁率は $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$ とする。また、N極、S極の各点磁荷以外の部分から点Aへの影響はないものとする。



- (1) 0                      (2) 0.79                      (3) 1.05                      (4) 1.58                      (5) 3.16

# 導出のポイント



＜磁界を図と数式で表すために＞

(1) 点Aに1Wbを置いたと仮定して、磁気力を考える

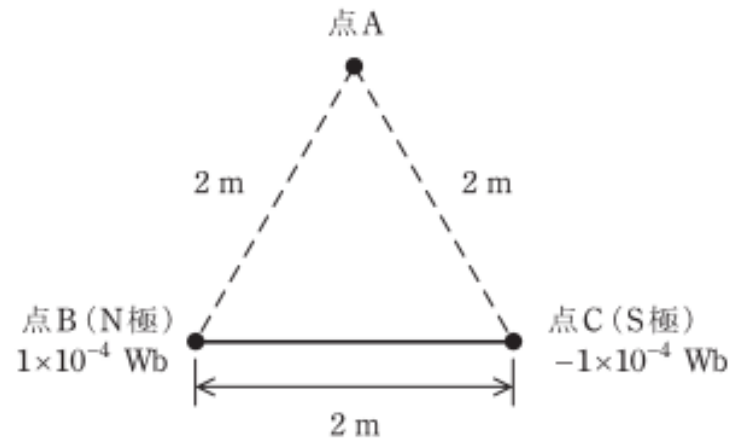
$$H_{AB} = \frac{m_B}{4\pi\mu_0 r^2}, \quad H_{AC} = \frac{m_C}{4\pi\mu_0 r^2}$$

(2)  $H_{AB}$  と  $H_{BC}$  のベクトルの合成を考える

# H30 問3

問3 長さ2 mの直線状の棒磁石があり、その両端の磁極は点磁荷とみなすことができ、その強さは、N極が $1 \times 10^{-4} \text{ Wb}$ 、S極が $-1 \times 10^{-4} \text{ Wb}$ である。図のように、この棒磁石を点BC間に置いた。このとき、点Aの磁界の大きさの値[A/m]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、点A、B、Cは、一辺を2 mとする正三角形の各頂点に位置し、真空中にあるものとする。真空の透磁率は $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$ とする。また、N極、S極の各点磁荷以外の部分から点Aへの影響はないものとする。



(1) 0

(2) 0.79

(3) 1.05

(4) 1.58

(5) 3.16

# 磁界とは

2つの考え方があります。

## 1. 磁荷から発生する

電界の概念を磁気にも適用するという考え方

磁界は電流によって生じる

電気世界 ⇔ 磁気世界  
電流 ⇔ 磁界

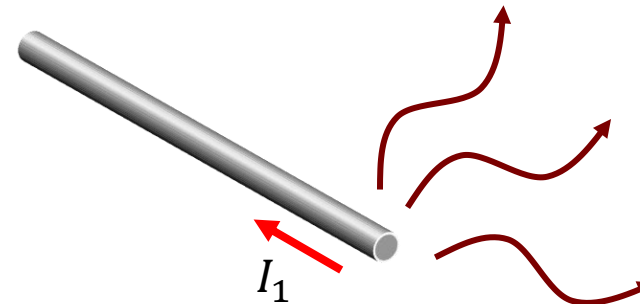
引力

斥力

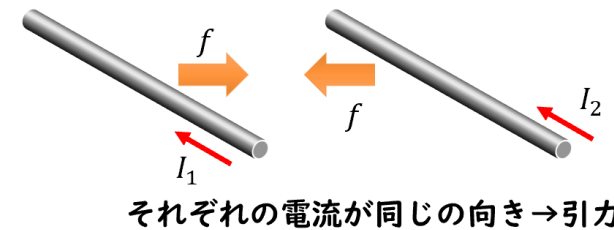


磁荷  $m_1, m_2$  [Wb] (ウェーバー)

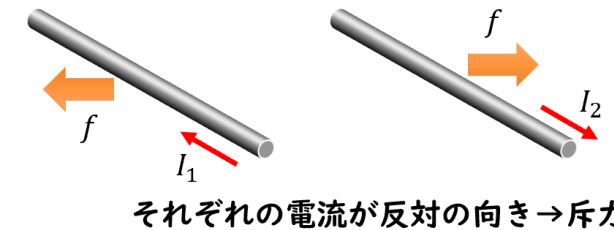
## 2. 電流から発生する



電流が電気の世界と磁気の世界の橋渡しをするという考え方



それぞれの電流が同じの向き → 引力



それぞれの電流が反対の向き → 斥力

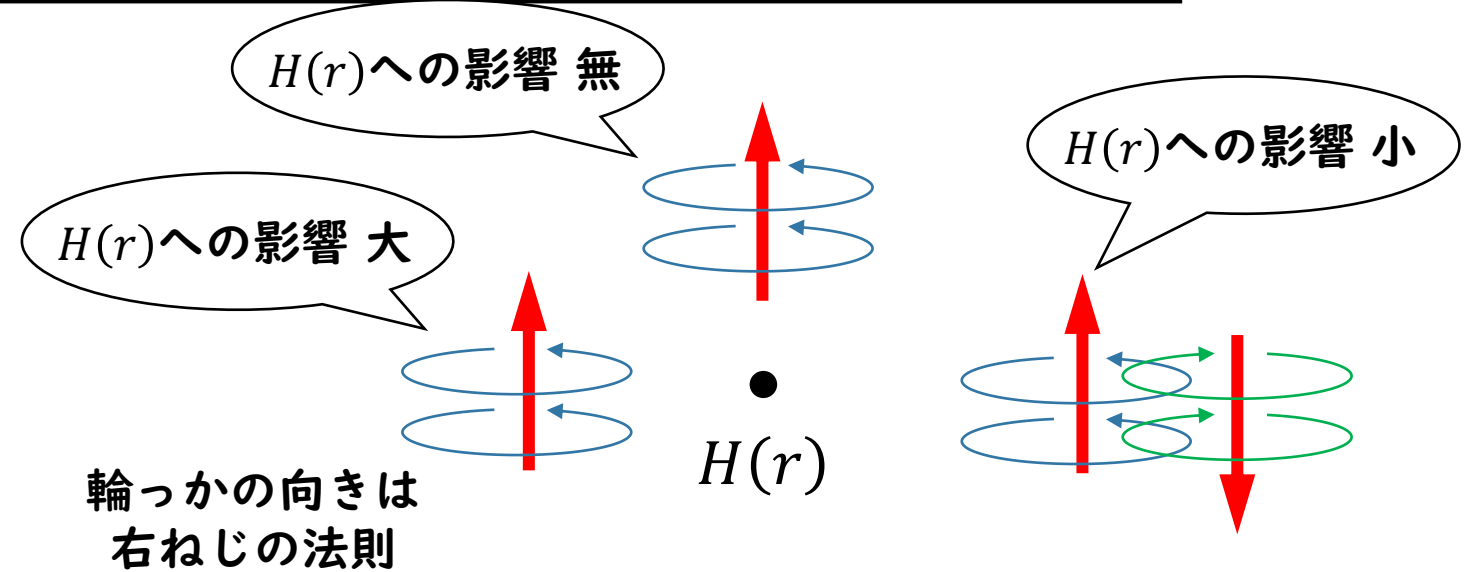
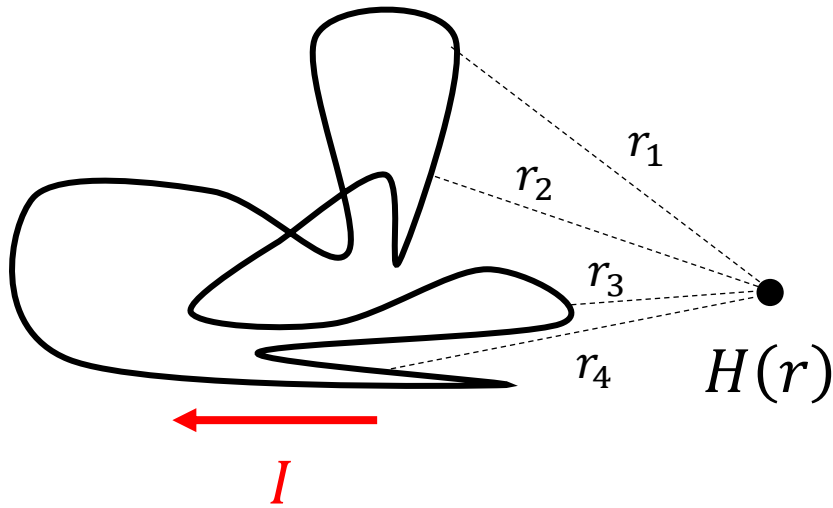
磁界  $H = \frac{I}{2\pi r}$  [A/m]

電流間に働く力 (アンペール力)

1mあたりに発生する力  $f$

$$f = \frac{\mu_0}{2\pi r} I_1 I_2 \text{ [N/m]}$$

# 電流と磁界とは



(ルール1)

位置  $r$  に生じる磁界  $H(r)$  は、  
周辺の電流 と その経路 で決まる

周囲の電流

$$H(r) = \frac{\text{周囲の電流}}{\text{位置 } r \text{ から見える電流の経路}}$$

(ルール2)

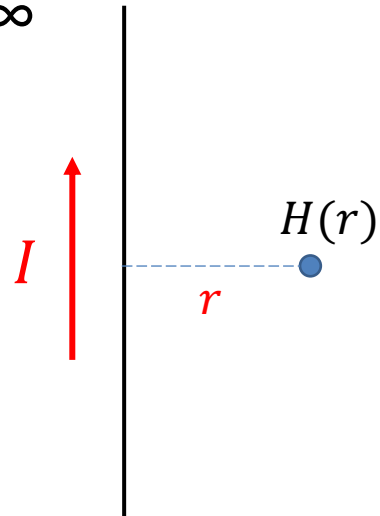
電流の磁界への  $H(r)$  影響は、  
電流 が作る 輪っか がどれだけ位置  $r$  に  
伝わるかで決まる

ルール1と2をまとめた法則  
→ビオ・サバールの法則

# 覚えるべき電流と磁界

## 電流の経路と磁界の関係（計算による導出は不要。暗記するべし）

導体長さ  $\infty$



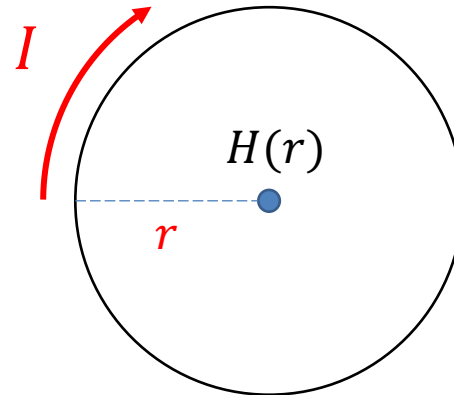
$$H = \frac{I}{2\pi r}$$

$\times \pi$

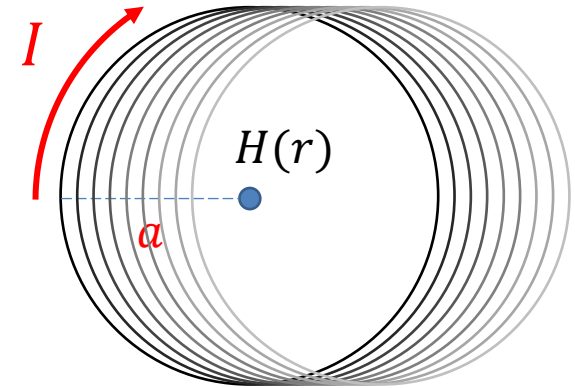
$$H = \frac{I}{2r}$$

$\times N$

$$H = \frac{NI}{2r}$$

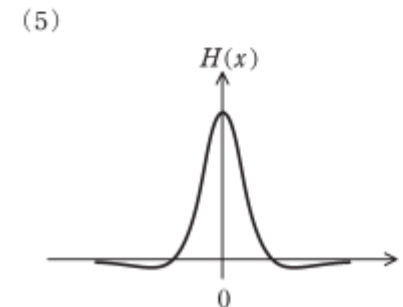
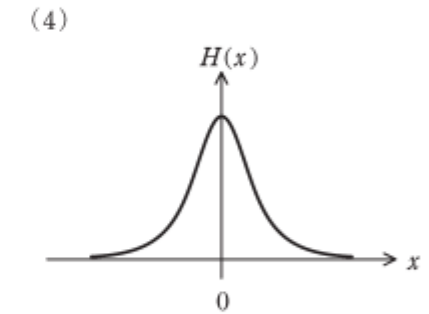
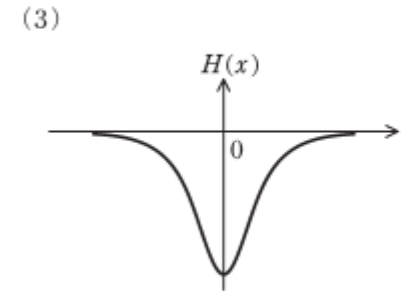
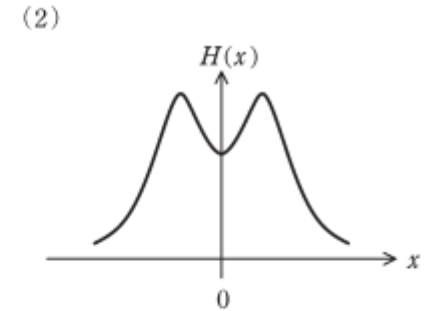
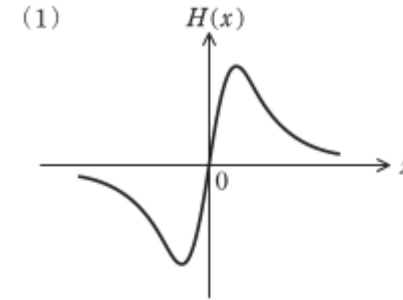
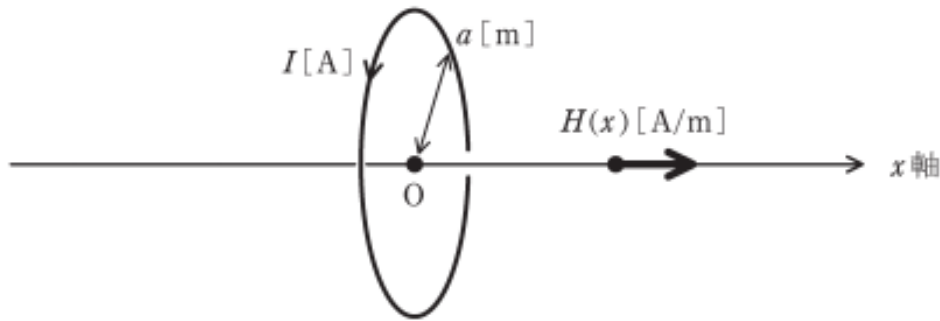


$N$  : 巻数

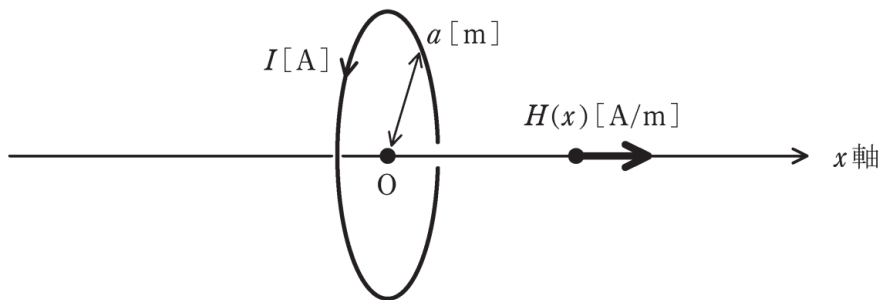


# H30 問4

問4 図のように、原点Oを中心としx軸を中心軸とする半径a[m]の円形導体ループに直流電流I[A]を図の向きに流したとき、x軸上の点、つまり、 $(x, y, z) = (x, 0, 0)$ に生じる磁界のx方向成分 $H(x)$  [A/m]を表すグラフとして、最も適切なものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



# 導出のポイント

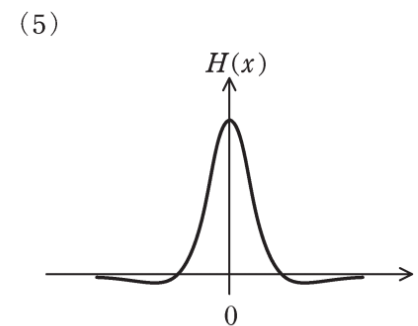
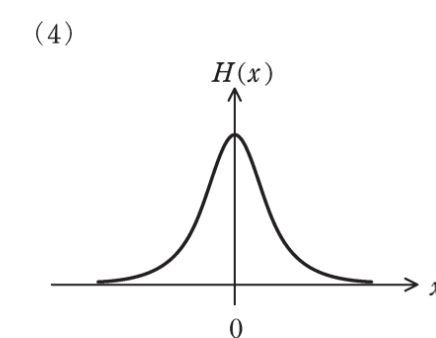
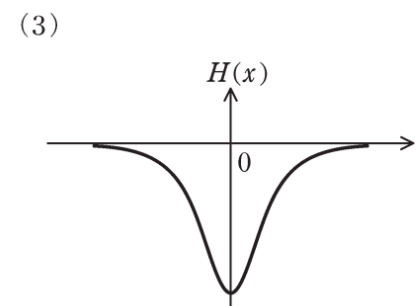
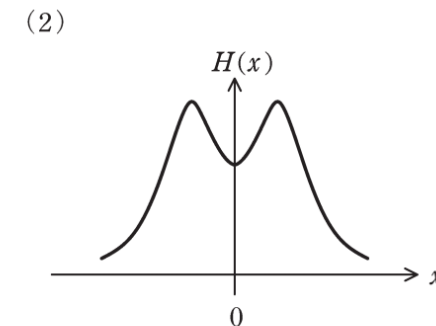
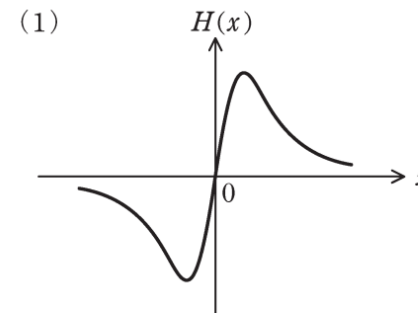


(1)  $H(x)$ は正か負か?  
磁界の向き → 右ねじの法則

(2) 電流から離れると磁界は、  
強くなる? 弱くなる?

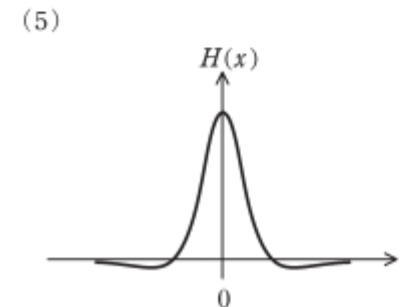
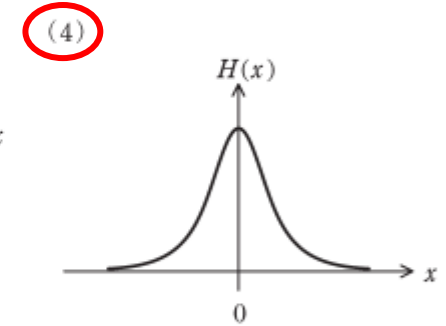
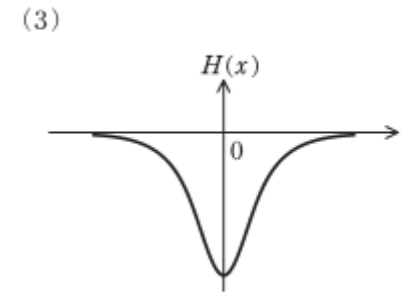
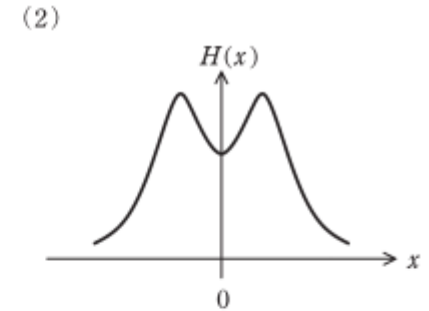
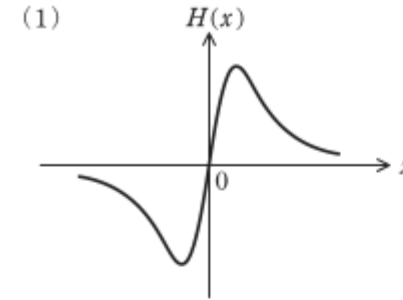
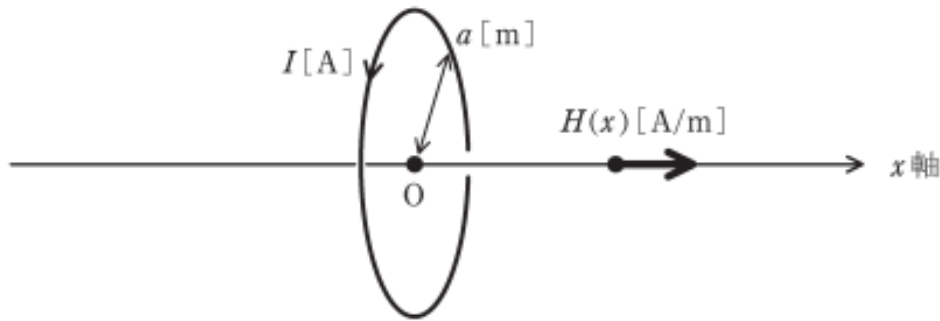
周囲の電流

$$H(r) = \frac{\text{位置 } r \text{ から見える電流の経路}}{\text{位置 } r \text{ から見える電流の経路}}$$

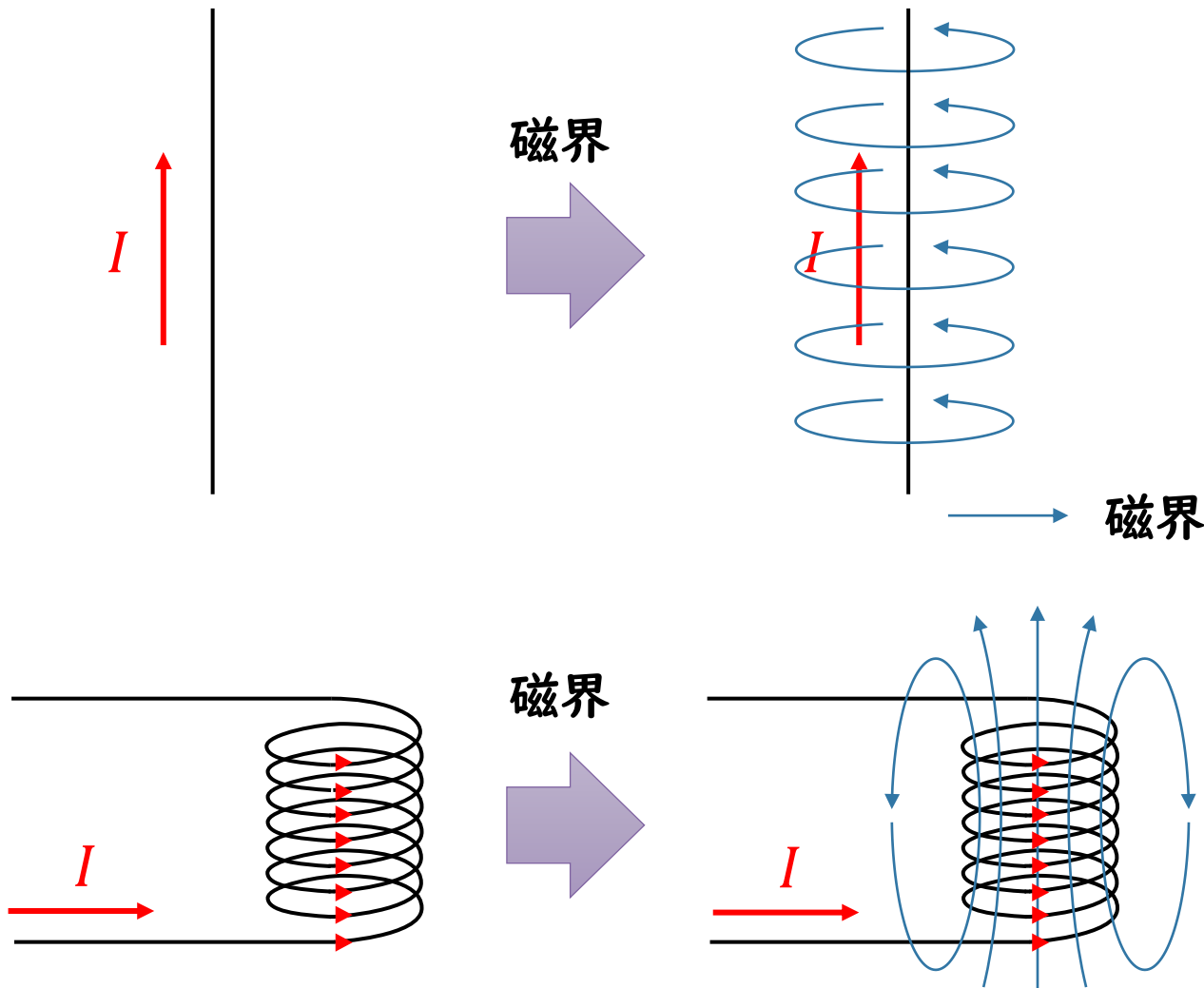


# H30 問4

問4 図のように、原点Oを中心としx軸を中心軸とする半径a[m]の円形導体ループに直流電流I[A]を図の向きに流したとき、x軸上の点、つまり、 $(x, y, z) = (x, 0, 0)$ に生じる磁界のx方向成分H(x) [A/m]を表すグラフとして、最も適切なものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

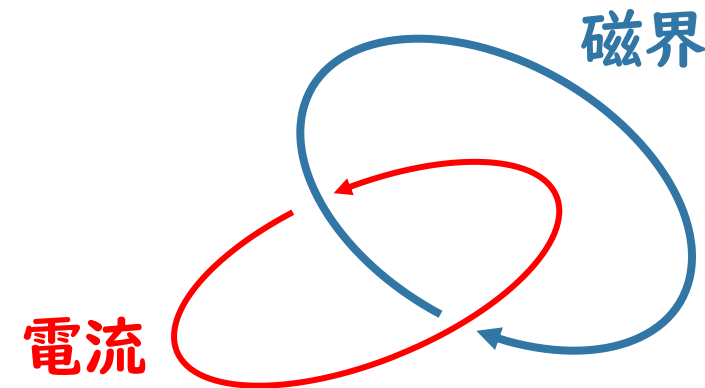


# 磁界と磁束密度

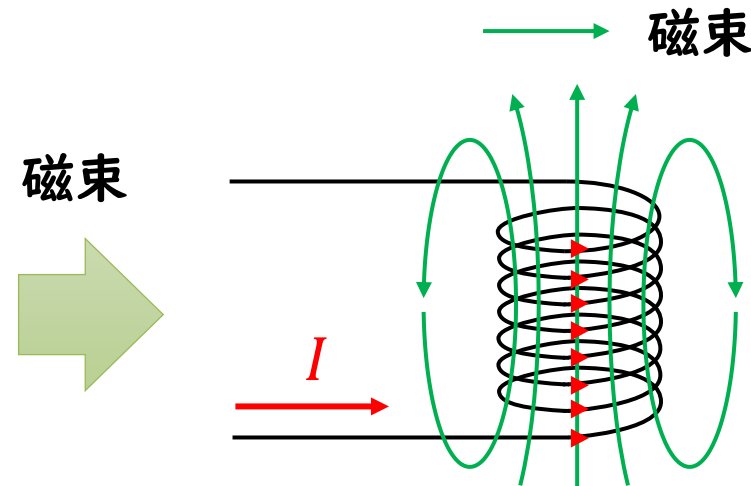
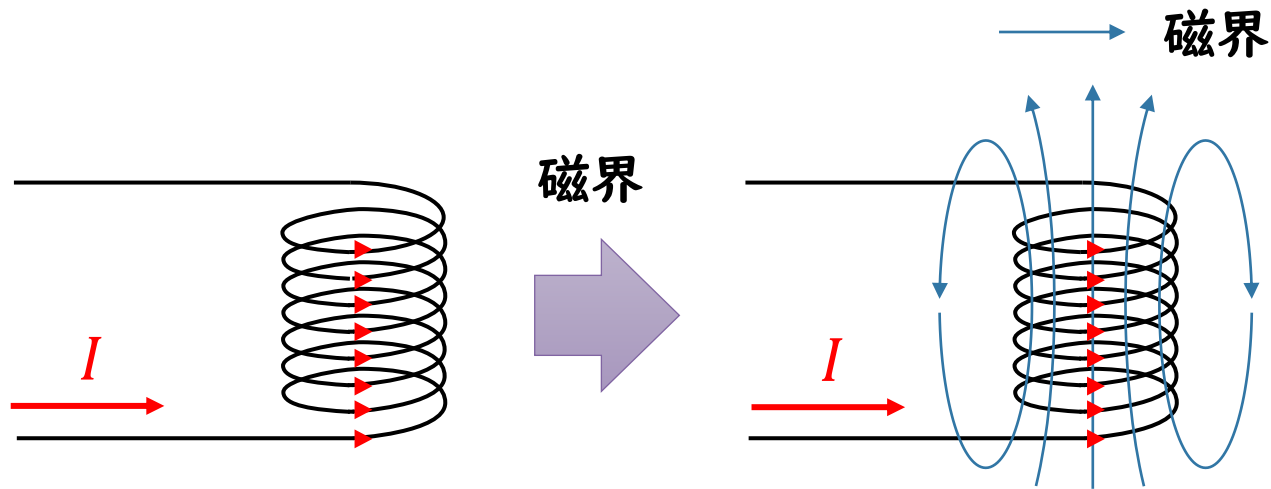


磁界は電流のまわりにループを作るように発生する

電流と磁界はお互いに“鎖交”し合う

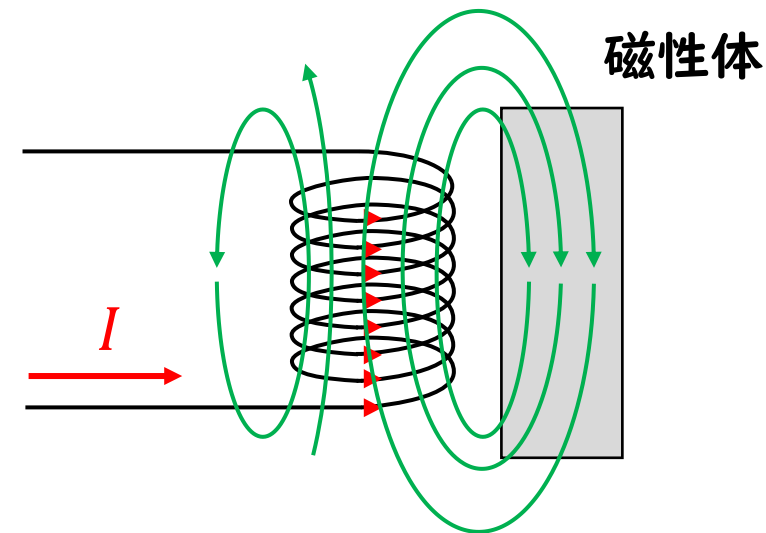


# 磁界と磁束密度



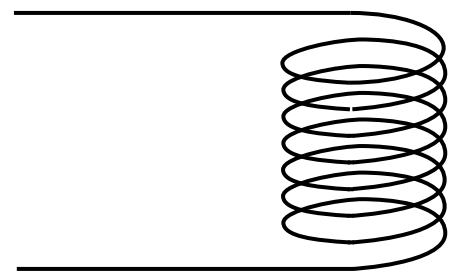
磁束は磁界と同じように発生する

→磁性体（透磁率 $\mu$ ）を近づけると  
磁束は磁性体に引き寄せられる

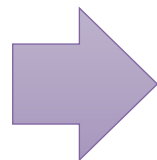


# 磁界と磁束密度

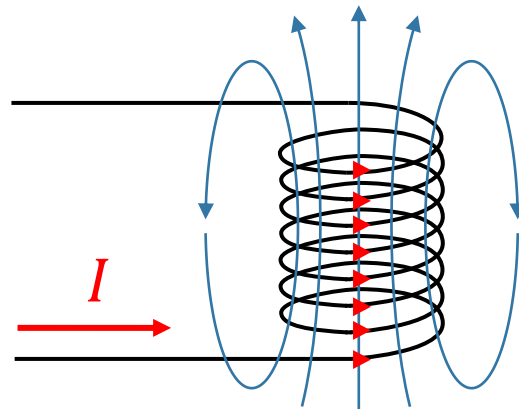
→ 磁界



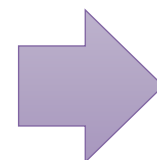
電流増



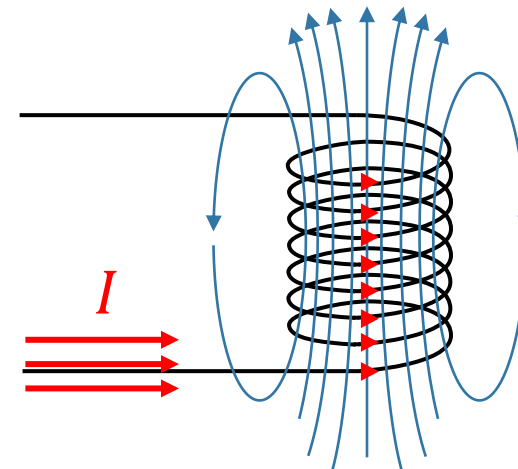
磁界増



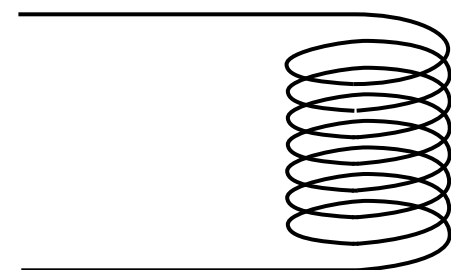
電流増



磁界増



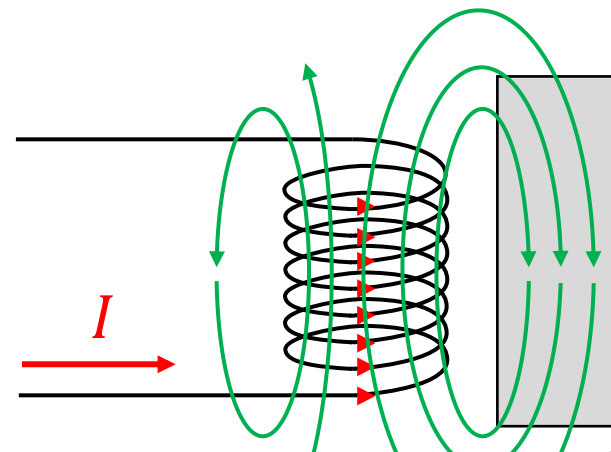
→ 磁束



磁束  
変化



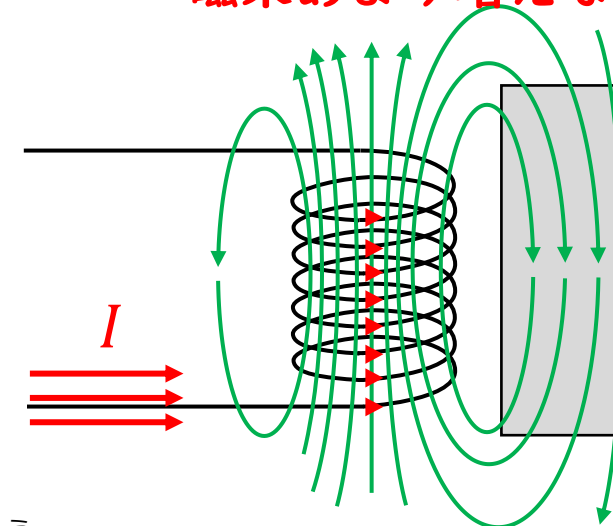
磁束増



磁束  
変化



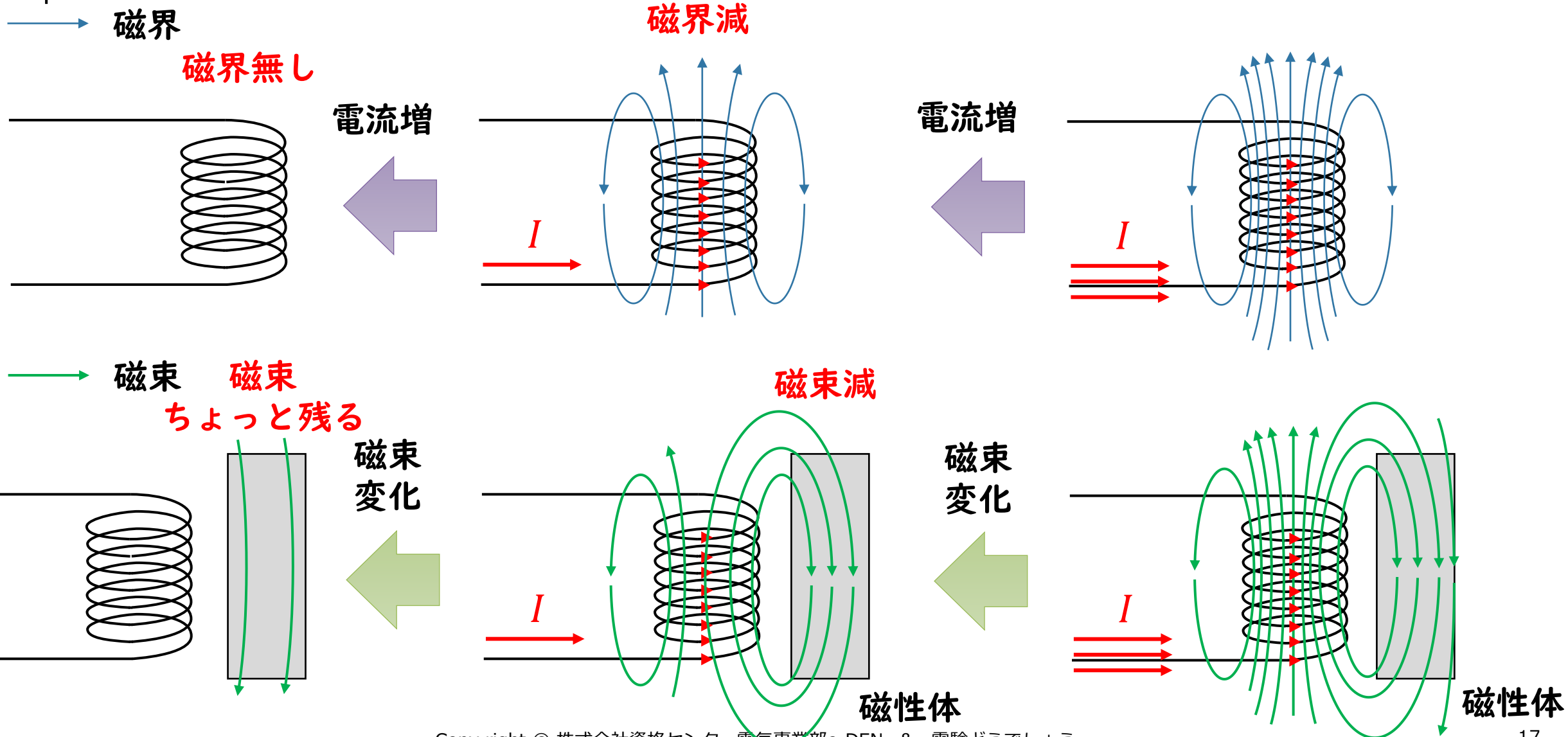
磁束あまり増えない



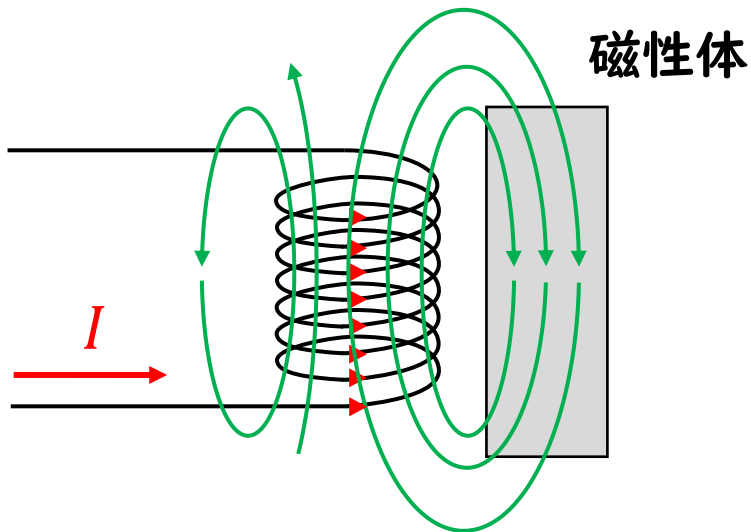
磁性体

磁性体

# 磁界と磁束密度

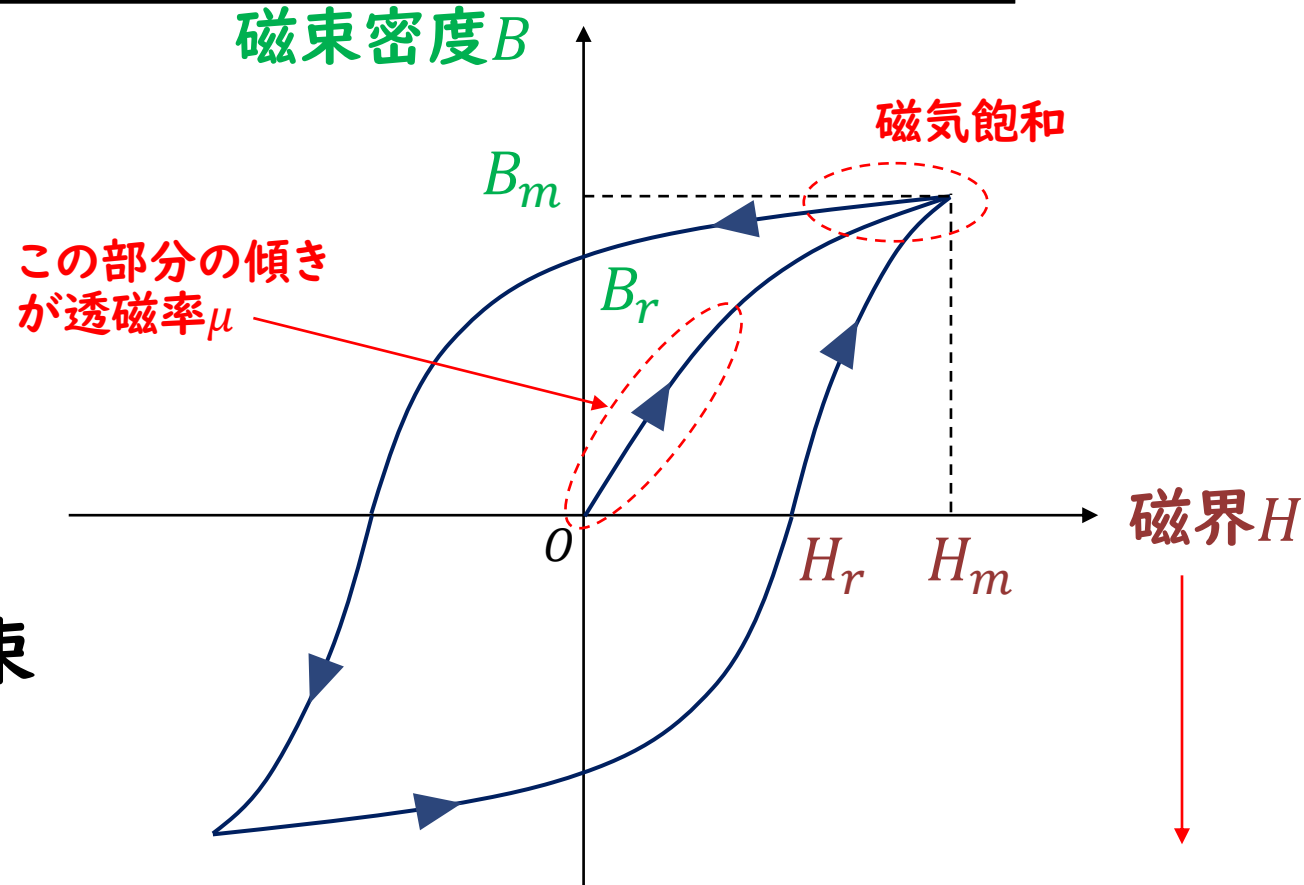


# 磁気ヒステリシス曲線



磁性体（透磁率 $\mu$ ）にどれだけ磁束が引き寄せられるかを表した指標

→ B-H 曲線  
(磁気ヒステリシス曲線)

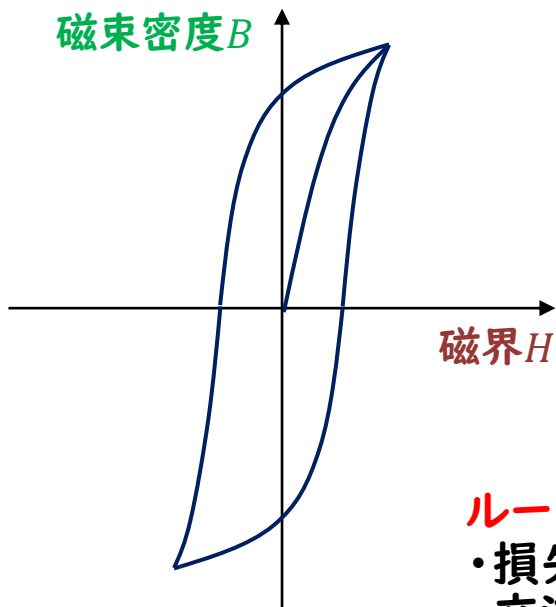
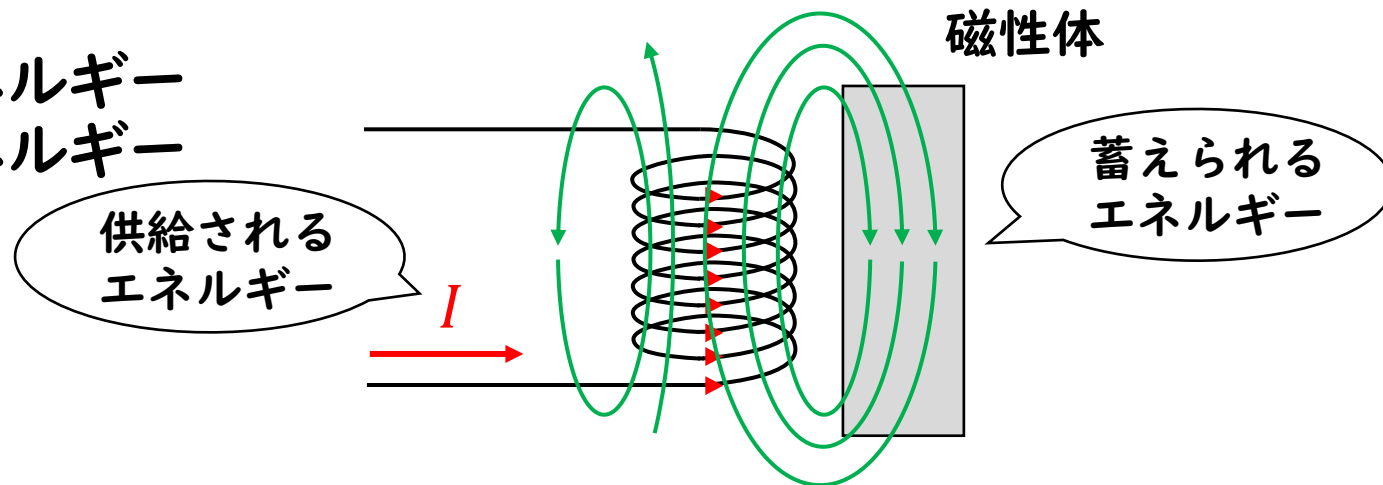


$B_m$ : 最大磁束密度     $H_m$ : 最大磁化力  
 $B_r$ : 残留磁化         $H_r$ : 保持力

電流と  
読み替えてよい

# 磁気ヒステリシス曲線

電流、磁界：巻線から供給されるエネルギー  
磁束密度：磁性体で蓄えられるエネルギー

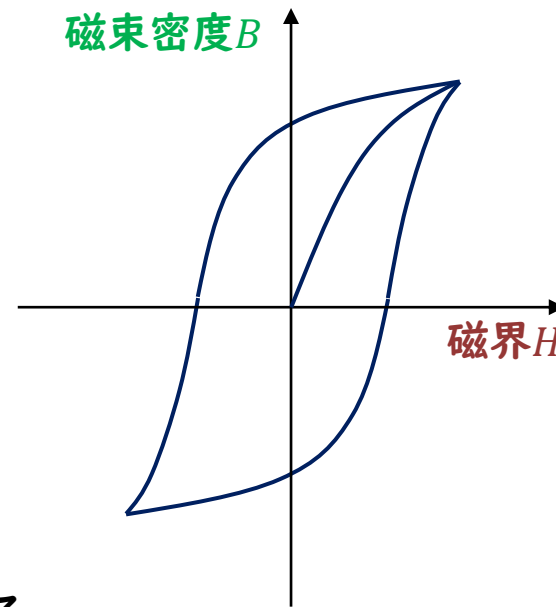


## 変圧器の鉄心

- 透磁率(変化の割合)が大きい
- 保持力は小さいほうがいい  
→ループの面積が小さくなるので

### ループ面積:ヒステリシス損

- 損失はループの面積に比例
- 交流だと周波数に比例した損失になる



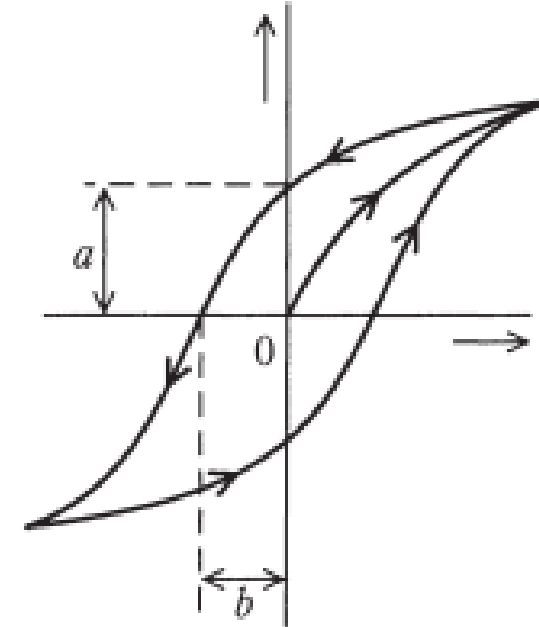
## 永久磁石

- 保持力は大きいほうがよい  
→外乱(外部の電流や磁界)によって磁石の磁性が変化しにくい  
ため  
→ループの面積が大きくなる

# H29 問4

問4 図は、磁性体の磁化曲線(BH 曲線)を示す。次の文章は、これに関する記述である。

- 1 直交座標の横軸は、 である。
- 2  $a$  は、 の大きさを表す。
- 3 鉄心入りコイルに交流電流を流すと、ヒステリシス曲線内の面積に  した電気エネルギーが鉄心の中で熱として失われる。
- 4 永久磁石材料としては、ヒステリシス曲線の  $a$  と  $b$  がともに  磁性体が適している。



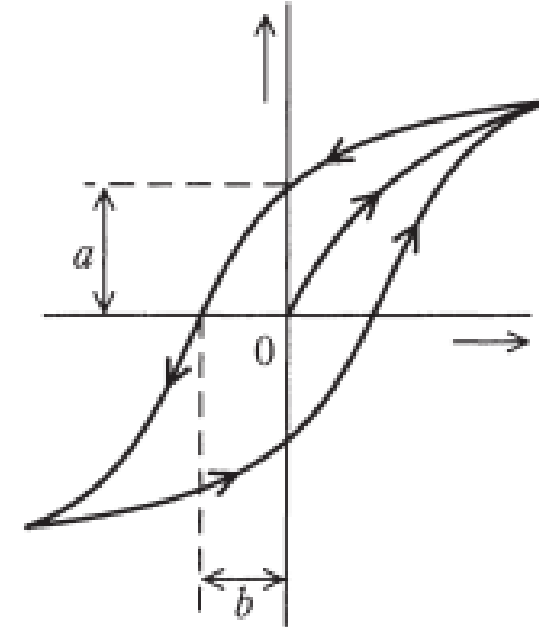
上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	磁界の強さ [A/m]	保磁力	反比例	大きい
(2)	磁束密度 [T]	保磁力	反比例	小さい
(3)	磁界の強さ [A/m]	残留磁気	反比例	小さい
(4)	磁束密度 [T]	保磁力	比例	大きい
(5)	磁界の強さ [A/m]	残留磁気	比例	大きい

# H29 問4

問4 図は、磁性体の磁化曲線(BH 曲線)を示す。次の文章は、これに関する記述である。

- 1 直交座標の横軸は、 である。
- 2  $a$  は、 の大きさを表す。
- 3 鉄心入りコイルに交流電流を流すと、ヒステリシス曲線内の面積に  した電気エネルギーが鉄心の中で熱として失われる。
- 4 永久磁石材料としては、ヒステリシス曲線の  $a$  と  $b$  がともに  磁性体が適している。

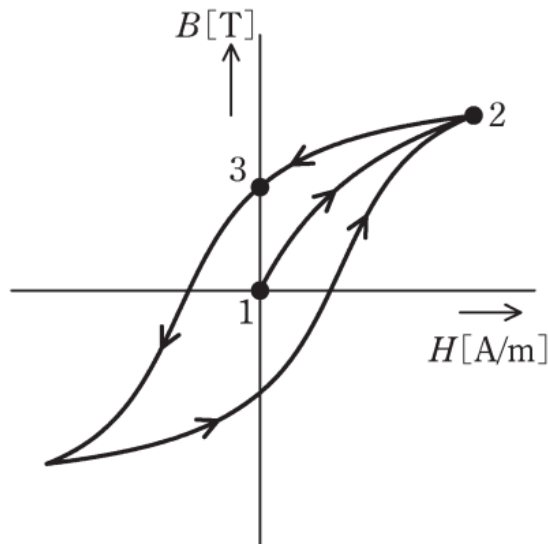


上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	磁界の強さ [A/m]	保磁力	反比例	大きい
(2)	磁束密度 [T]	保磁力	反比例	小さい
(3)	磁界の強さ [A/m]	残留磁気	反比例	小さい
(4)	磁束密度 [T]	保磁力	比例	大きい
(5)	磁界の強さ [A/m]	残留磁気	比例	大きい

# R01 問3

問3 図は積層した電磁鋼板の鉄心の磁化特性(ヒステリシスループ)を示す。図中の $B$ [T]及び $H$ [A/m]はそれぞれ磁束密度及び磁界の強さを表す。この鉄心にコイルを巻きリアクトルを製作し、商用交流電源に接続した。実効値が $V$ [V]の電源電圧を印加すると図中に矢印で示す軌跡が確認された。コイル電流が最大のときの点は  である。次に、電源電圧実効値が一定に保たれたまま、周波数がやや低下したとき、ヒステリシスループの面積は  。一方、周波数が一定で、電源電圧実効値が低下したとき、ヒステリシスループの面積は  。最後に、コイル電流実効値が一定で、周波数がやや低下したとき、ヒステリシスループの面積は  。

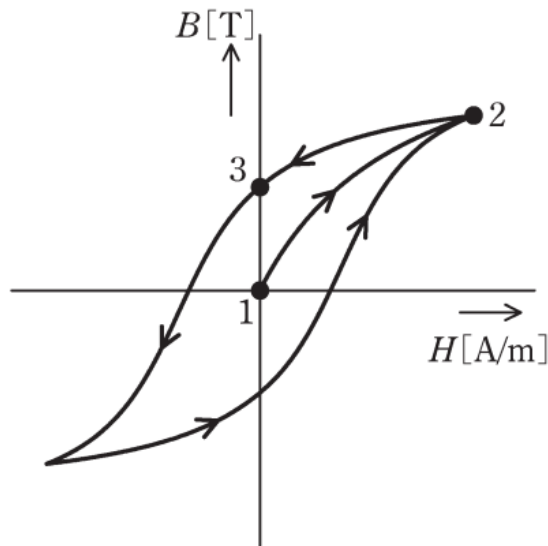


上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

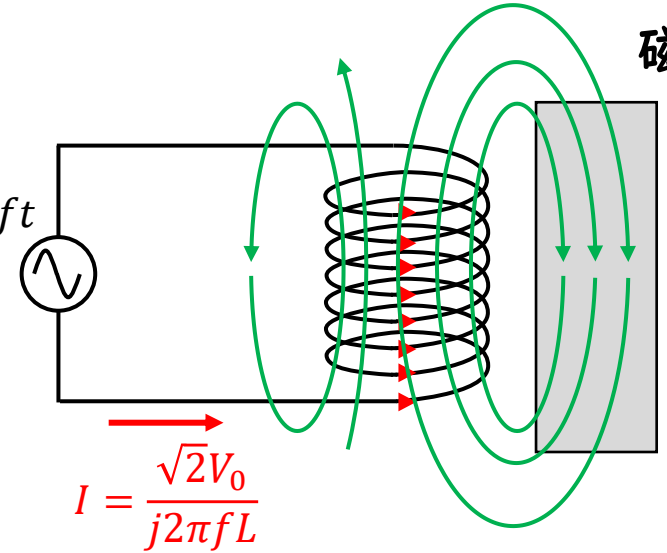
	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	1	大きくなる	小さくなる	大きくなる
(2)	2	大きくなる	小さくなる	あまり変わらない
(3)	3	あまり変わらない	あまり変わらない	小さくなる
(4)	2	小さくなる	大きくなる	あまり変わらない
(5)	1	小さくなる	大きくなる	あまり変わらない

# R01 問3

問3 図は積層した電磁鋼板の鉄心の磁化特性(ヒステリシスループ)を示す。図中の  $B$ [T] 及び  $H$ [A/m] はそれぞれ磁束密度及び磁界の強さを表す。この鉄心にコイルを巻きリアクトルを製作し、商用交流電源に接続した。実効値が  $V$ [V] の電源電圧を印加すると図中に矢印で示す軌跡が確認された。コイル電流が最大のときの点は (ア) である。次に、電源電圧実効値が一定に保たれたまま、周波数がやや低下したとき、ヒステリシスループの面積は (イ) 。一方、周波数が一定で、電源電圧実効値が低下したとき、ヒステリシスループの面積は (ウ) 。最後に、コイル電流実効値が一定で、周波数がやや低下したとき、ヒステリシスループの面積は (エ) 。



$$V = \sqrt{2} V_0 \sin 2\pi f t$$



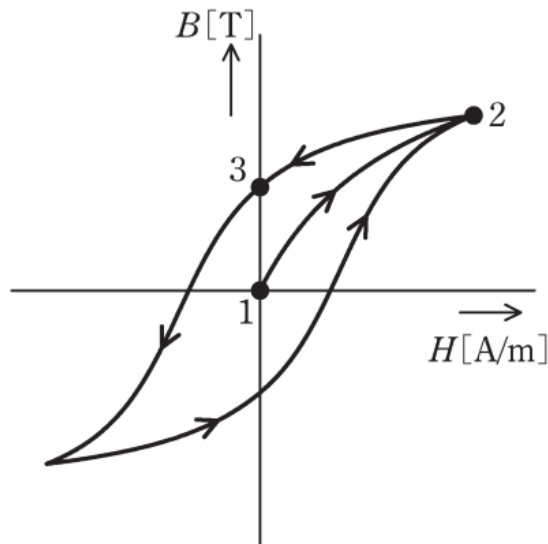
$$I = \frac{\sqrt{2} V_0}{j 2\pi f L}$$

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	1	大きくなる	小さくなる	大きくなる
(2)	2	大きくなる	小さくなる	あまり変わらない
(3)	3	あまり変わらない	あまり変わらない	小さくなる
(4)	2	小さくなる	大きくなる	あまり変わらない
(5)	1	小さくなる	大きくなる	あまり変わらない

# R01 問3

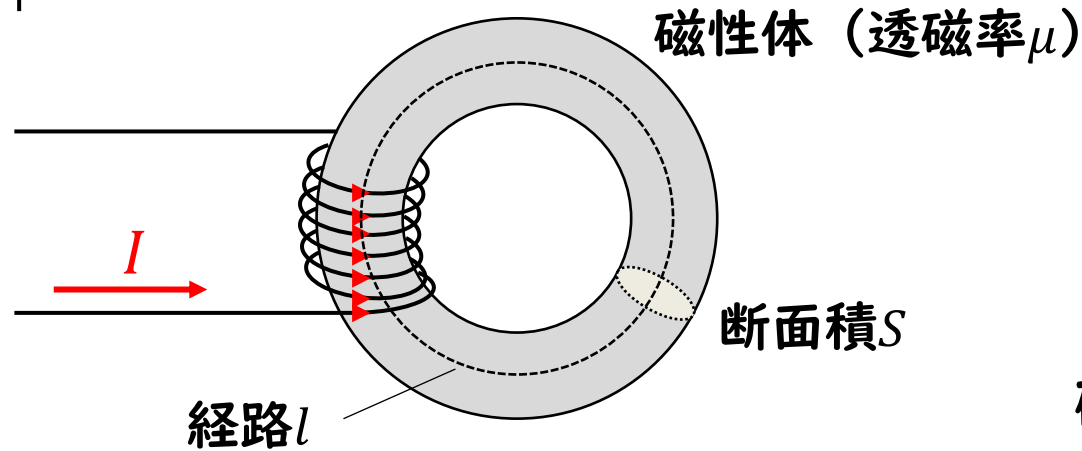
問3 図は積層した電磁鋼板の鉄心の磁化特性(ヒステリシスループ)を示す。図中の $B$ [T]及び $H$ [A/m]はそれぞれ磁束密度及び磁界の強さを表す。この鉄心にコイルを巻きリアクトルを製作し、商用交流電源に接続した。実効値が $V$ [V]の電源電圧を印加すると図中に矢印で示す軌跡が確認された。コイル電流が最大のときの点は  である。次に、電源電圧実効値が一定に保たれたまま、周波数がやや低下したとき、ヒステリシスループの面積は  。一方、周波数が一定で、電源電圧実効値が低下したとき、ヒステリシスループの面積は  。最後に、コイル電流実効値が一定で、周波数がやや低下したとき、ヒステリシスループの面積は  。



上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	1	大きくなる	小さくなる	大きくなる
<b>(2)</b>	2	大きくなる	小さくなる	あまり変わらない
(3)	3	あまり変わらない	あまり変わらない	小さくなる
(4)	2	小さくなる	大きくなる	あまり変わらない
(5)	1	小さくなる	大きくなる	あまり変わらない

# 磁気回路



アンペールの法則  
(ビオサバールの法則に似ている)  
電流 = ある経路の磁界の総和

$$NI = Hl$$

磁束密度  $B = \mu H$

$$\text{磁束 } \Phi = BS = \mu HS = \mu S \frac{NI}{l} = \frac{\mu S}{l} NI$$

$$\rightarrow NI = \frac{l}{\mu S} \Phi = R_m \Phi$$

$R_m$  : 磁気抵抗

$$V = \frac{\rho l}{S} I = \frac{l}{\sigma S} I = RI$$

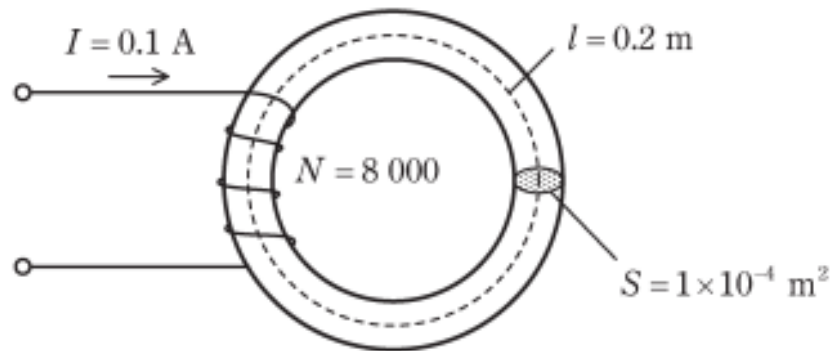
$\rho$  : 抵抗率、 $\sigma$  : 導電率

電気回路	磁気回路
電圧 $V \rightarrow$	電流 $I$
電流 $I \rightarrow$	磁束 $\Phi$
抵抗 $R \rightarrow$	磁気抵抗 $R_m$

# RO1 問4

問4 図のように、磁路の長さ  $l=0.2\text{ m}$ 、断面積  $S=1\times 10^{-4}\text{ m}^2$  の環状鉄心に巻数  $N=8000$  の銅線を巻いたコイルがある。このコイルに直流電流  $I=0.1\text{ A}$  を流したとき、鉄心中の磁束密度は  $B=1.28\text{ T}$  であった。このときの鉄心の透磁率  $\mu$  の値 [H/m] として、最も近いものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

ただし、コイルによって作られる磁束は、鉄心中を一様に通り、鉄心の外部に漏れないものとする。



- (1)  $1.6\times 10^{-4}$     (2)  $2.0\times 10^{-4}$     (3)  $2.4\times 10^{-4}$     (4)  $2.8\times 10^{-4}$     (5)  $3.2\times 10^{-4}$

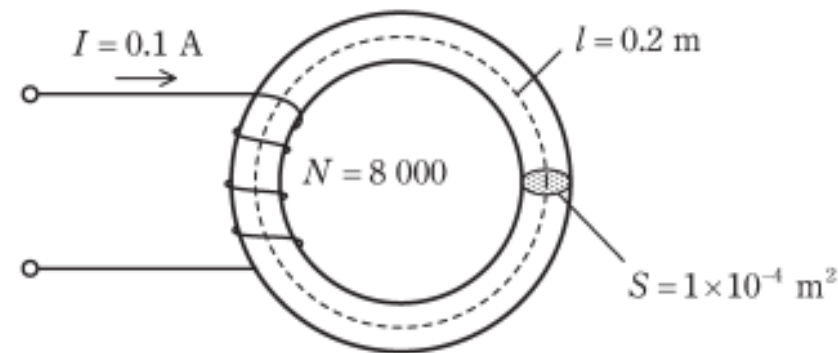
# 導出のポイント

$$NI = \frac{l}{\mu S} \Phi = R_m \Phi$$

$$\mu = \frac{l\Phi}{SNI}$$

問4 図のように、磁路の長さ  $l=0.2\text{ m}$ 、断面積  $S=1\times 10^{-4}\text{ m}^2$  の環状鉄心に巻数  $N=8000$  の銅線を巻いたコイルがある。このコイルに直流電流  $I=0.1\text{ A}$  を流したとき、鉄心中の磁束密度は  $B=1.28\text{ T}$  であった。このときの鉄心の透磁率  $\mu$  の値 [H/m] として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、コイルによって作られる磁束は、鉄心中を一様に通る、鉄心の外部に漏れないものとする。

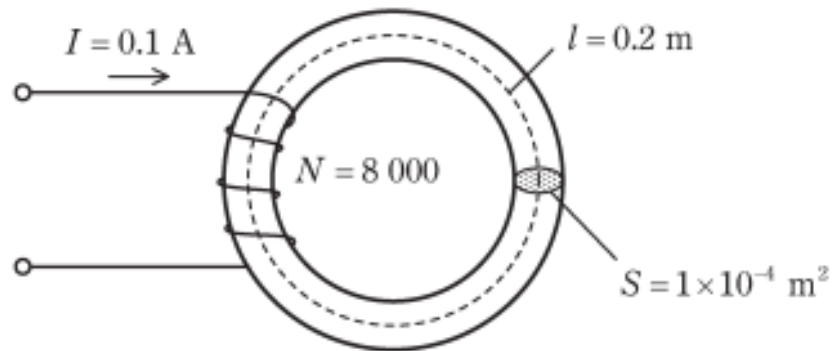


- (1)  $1.6 \times 10^{-4}$     (2)  $2.0 \times 10^{-4}$     (3)  $2.4 \times 10^{-4}$     (4)  $2.8 \times 10^{-4}$     (5)  $3.2 \times 10^{-4}$

# RO1 問4

問4 図のように、磁路の長さ  $l=0.2\text{ m}$ 、断面積  $S=1\times 10^{-4}\text{ m}^2$  の環状鉄心に巻数  $N=8000$  の銅線を巻いたコイルがある。このコイルに直流電流  $I=0.1\text{ A}$  を流したとき、鉄心中の磁束密度は  $B=1.28\text{ T}$  であった。このときの鉄心の透磁率  $\mu$  の値 [H/m] として、最も近いものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

ただし、コイルによって作られる磁束は、鉄心中を一様に通り、鉄心の外部に漏れないものとする。



- (1)  $1.6\times 10^{-4}$     (2)  $2.0\times 10^{-4}$     (3)  $2.4\times 10^{-4}$     (4)  $2.8\times 10^{-4}$     (5)  $3.2\times 10^{-4}$

ご聴講ありがとうございました!!