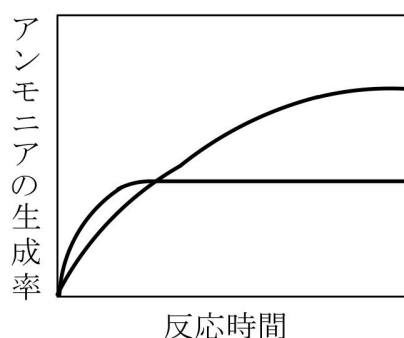
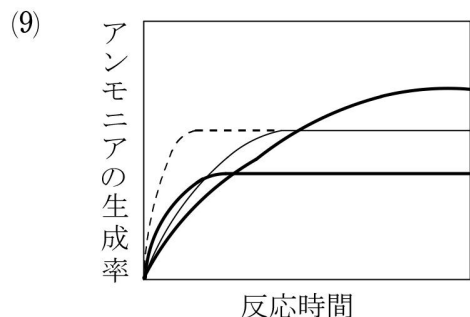
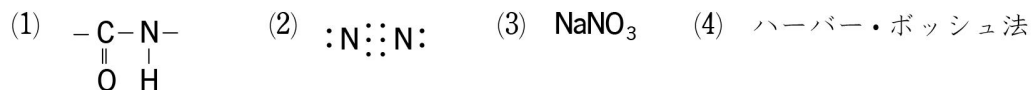


窒素は、生物が生きていくために必須の元素で、細胞の主成分であるタンパク質にも含まれている。タンパク質は、アミノ酸が互いに<sup>(a)</sup>ペプチド結合してできた鎖状の高分子である。植物は大気中の<sup>(b)</sup>窒素分子を直接吸収してアミノ酸やタンパク質を合成することができず、アンモニア、アンモニウム塩、硝酸塩などの窒素化合物の形で吸収して活用している。20世紀の初頭までは、窒素化合物の原料は主に<sup>(c)</sup>チリ硝石にたよっていた。<sup>(d)</sup>アンモニアの工業的合成法の開発により、窒素化合物が大気中の窒素分子から生産できるようになり、その後の農業生産量の増大につながった。このアンモニアの工業的合成法は、<sup>(e)</sup>化学平衡に関する原理を化学工業に応用して輝かしい成功を遂げた例としても知られている。現在では、鉄を主成分とする触媒を用いて、200 atm、500℃前後でアンモニアの合成が行われている。

- (1) 下線 (a) のペプチド結合の構造式を記せ。
- (2) 例を参考にして、下線 (b) の窒素分子の電子式を記せ。 例：H:H
- (3) 下線 (c) のチリ硝石の主成分の組成式を記せ。
- (4) 下線 (d) のアンモニアの工業的合成法は、その開発者の名前にちなんで何とよばれているか答えよ。
- (5) 下線 (d) のアンモニアの工業的合成法の化学反応式を示せ。
- (6) 窒素分子と水素分子の結合エネルギーは、それぞれ 946 kJ/mol および 436 kJ/mol である。また、アンモニアのすべての結合を切るのに必要なエネルギーは、1173 kJ/mol である。(5) の反応式の反応熱を求めよ。
- (7) 下線 (e) の化学平衡に関する原理は、その発見者の名前にちなんで何とよばれているか答えよ。
- (8) アンモニアの工業的合成法では、圧力を高くするとアンモニアの生成率はどうか。次の中から選べ。  
(ア) 増大する (イ) 減少する (ウ) 変わらない
- (9) 図は触媒を用いずに圧力を一定 (200 atm) に保ちながら、250℃ と 750℃ で (5) の反応をさせた場合の、反応時間とアンモニアの生成率の関係を模式的に表したものである。触媒を用いずに 500℃ で反応させた場合を実線で、触媒を用いて 500℃ で反応させた場合を破線でそれぞれ記入せよ。

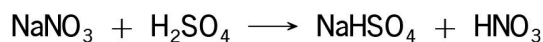


## 解答



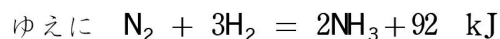
## 解説

(3) 次の反応で得られる硝酸を用いて、種々の窒素化合物を合成していた。



(6) (生成物の結合エネルギーの総和)−(反応物の結合エネルギーの総和)=(反応熱)  
より

$$1173 \times 2 - (946 + 436 \times 3) = +92 \text{ (kJ)}$$



(8) 気体のみの化学平衡  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$  はルシャトリエの原理により、  
高圧では分子数減少の方向、すなわち右辺に平衡が移動する。

(9) 触媒を用いずに  $500^\circ\text{C}$  で反応させた場合は

- ① 反応初期のグラフの傾き
- ② 平衡状態になる(一定値になる)時間
- ③ 平衡状態でのアンモニアの生成率

の値がいずれも  $250^\circ\text{C}$  と  $750^\circ\text{C}$  の場合の間になることをグラフに表す。

触媒を用いて  $500^\circ\text{C}$  で反応させた場合は ① の値は最大になり、② の値は最短になるが、③ の値は触媒を用いない場合と同じになることをグラフに表す。