

飽水木材中の溶質拡散 IV

(2) 1価塩化物の拡散速度について

福 山 萬 治 郎

MANJIRO FUKUYAMA

The diffusion of solute through wood saturated with water IV

(2) On the diffusion rates of the univalent chlorides

要旨：飽水木材中における1価電解質の拡散速度の差異を明らかにするために、濃度0.5 mol/lの1価塩化物とNaBrを用い（Table 1参照）、20～50°Cの条件下でヒノキの3構造方向における拡散係数を測定した。

測定装置や測定方法は前報²⁻⁵⁾のそれと全く同様で、測定には直径5.0 cm、厚さ1.0 cm（L-方向の拡散）および0.15 cm（TおよびR-方向の拡散）の円板形の心材試片を用いた。

得られた結果は次のとおりである。

(1) 木材組織に起因しての拡散係数の変動はLiClのR-方向およびNH₄ClのT-方向において顕著であった（Table 2）。

(2) 拡散係数の対数と絶対温度の逆数をプロットした場合、各溶液、拡散方向いずれの場合も直線関係が得られた（Fig. 3）。

(3) 木材中における各溶液の拡散速度の順位は、NaClのL-方向を除いて拡散分子やイオンの25°Cの水中における拡散係数の順位、ないしはイオン水和数の反対の順位に対応し、3拡散方向いずれも直線関係を示した（Fig. 4）。

(4) ヒノキ飽水木材中における1価電解質の拡散速度は、拡散通路内に存在する有効毛管の大きさとその数、とくに有縁壁孔の数に支配されるが、拡散分子やイオンは木材壁とは特別な交互作用をもつことなく、水中における場合とほぼ同様な挙動で拡散することが推測された。

(5) 25°Cの木材中における1価電解質の拡散速度を同温度の水中におけるそれと比較すると、L-方向で平均約1/3、T-方向で平均約1/113、R-方向で平均約1/95であった（Table 3）。

(6) 本供試ヒノキ材では1～2の例外を除いてT-方向とR-方向の拡散速度に差異が認められなかったが、L-方向の拡散速度はTおよびR-方向のその23～40倍であった（Table 4）。

(7) 拡散の見掛けの活性化エネルギーや平均の温度係数は、2～3の例外を除いて拡散方向や電解質の種類には無関係であった（Table 6）。このことから仮道管壁に存在する有縁壁孔が両者の値に関係することが推測された。

I 緒 言

飽水木材中における電解質の拡散についての一連の実験¹⁻⁵⁾のうち、前報⁵⁾では1価電解質の種類による拡散速度の差異を40°Cの一定条件下でヒノキの長軸

および接線方向について検討し、電解質の木材中における拡散速度の順位は1～2の例外を除いて拡散分子やイオンの水中における拡散係数の順位に対応し、これらの両者は長軸方向では直線関係、接線方向では直線ないしは指数関係であらわされる結果を得た。しかし

ながら、この場合の40°Cの水中における電解質の拡散係数は、いずれも18°Cの水溶液中における陰、陽イオンの極限当量イオン伝導度とそれぞれの温度係数(40°Cまで一定と仮定)を用いてネルンストの式から計算したものであり、それらの値の妥当性については若干の問題があるようにも思われる。そこで今回はこれらの関係をさらに詳細に検討するために、前報⁵⁾で用いた5種の1価塩化物について20~50°Cの条件下でヒノキの3構造方向における拡散速度を測定し、あわせて拡散の見掛けの活性化エネルギーや平均の温度係数などについても比較したので、それらの結果について報告する。

II 実 験

(1) 供試材料および試験片

実験には平均年輪幅1.5 mm、気乾比重0.38g/cm³

のヒノキ (*Chamaecyparis obtusa* ENDL.) 心材部の同一部位から連続して採取した直径5.0 cmの円板形の試片を用い、その厚さは長軸(L)方向の拡散の場合は1.0cm、接線(T)ならびに半径(R)方向のそれは0.15cmとした。これらの試片はいずれも減圧下で蒸留水を十分注入して完全飽水状態(含水率: 230~235%)にもたらしたのち供試した。

(2) 測定装置

測定装置は前報^{2), 3)}のそれと全く同様で、固定抵抗および可変抵抗にはいずれも30K Ω の抵抗値を用い、可変抵抗値はフルスケールの1/1000まで読み取るようにした。

(3) 供試溶液

供試溶液は Table 1 に示した1価塩化物5種と、比較のために用いた NaBr の計6種で、濃度はいずれも0.5 mol/l一定である。なお、本実験に関係ある供

Table 1. Properties of the univalent electrolytes used in this experiment.

Solution	Molecular weight	D_{water}^{*1} ($\times 10^{-7}$ cm ² /sec)	Ion ^{*2} radius (Å)	Ionic ^{*2} hydration	Vol. Swelling ^{*3} (%)
LiCl	42.39	136.6	0.68	14.0	1.95
NaCl	58.44	161.0	0.97	8.4	0.12
KCl	74.56	199.3	1.33	5.4	0.12
NH ₄ Cl	53.49	199.4	1.45	—	0.12
HCl	36.46	333.6	0.00	1.0	—
NaBr	102.89	162.5	Cl: 1.81 Br: 1.96	8.4	0.38

*1 Diffusion coefficient of the electrolytes in water at 25°C⁷⁾.

*2 Ion radius⁷⁾ and ionic hydration⁶⁾ indicated using the value of cations.

*3 Volumeic swelling of wood beyond water-swollen condition⁸⁾.

*4 Diffusion coefficient (D_{ion}) ($\times 10^{-7}$ cm²/sec) of ions in water at 25°C⁷⁾.

H: 934 K: 193 NH₄: 198 Na: 135 Li: 104 Br: 208 Cl: 203.

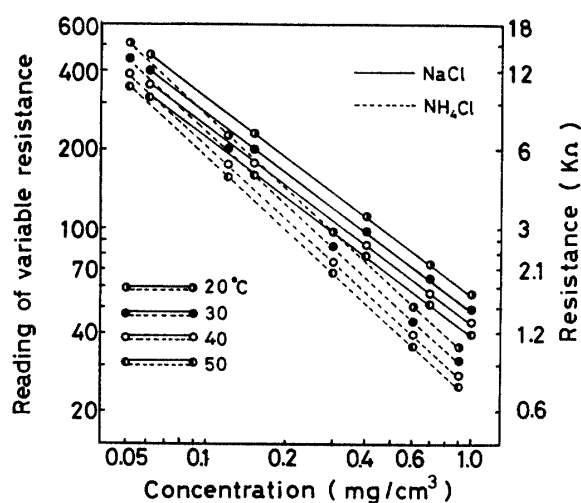


Fig. 1 Examples of calibration curves for NaCl and NH₄Cl.

試溶液の特性は Table 1 のとおりで、表における D_{water} は25°Cの水中における電解質の拡散係数⁷⁾、イオン半径⁷⁾およびイオンの水和数⁶⁾はいずれも陽イオンの値、容積膨潤率は各飽和溶液中に木材片を浸せきした際の水中における最大膨潤以上の膨潤率である⁸⁾。なお、欄外には D_{ion} (*4) として25°Cの水中における陰、陽イオンの拡散係数⁷⁾を付記した。

(4) 測定方法

測定方法も前報^{2~5)}のそれと全く同様で、各試片いずれの場合も20~50°Cの範囲を10°C間隔で、順次低温側から高温側へ連続して測定した。したがって、本実験の場合も測定中における試片内部の濃度こう配の変動を避けるため、実験開始後に2~3回セル内の溶液ならびに蒸留水を入れかえるようにし、定常状態下で少なくとも数点以上の連続した測定値が得られるまで

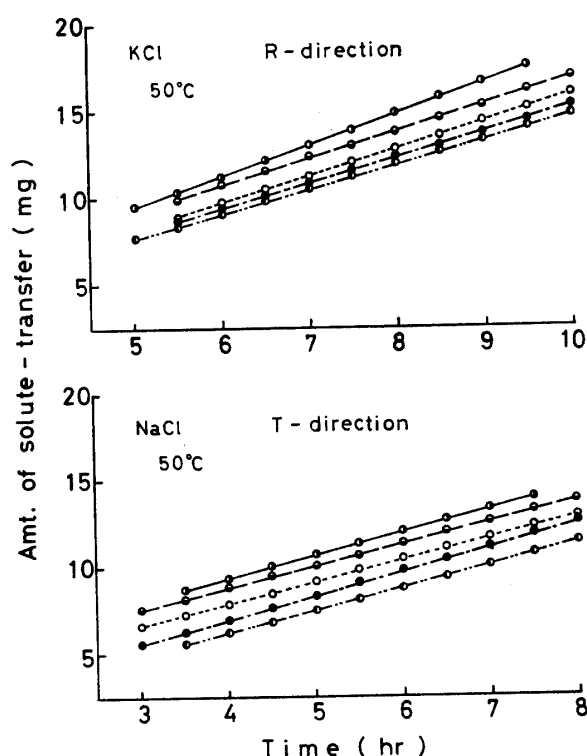


Fig. 2 Examples of diffusion curves.

実験を継続した。

その他、濃度—抵抗曲線や透過量—時間曲線の作成、拡散係数の計算法などは前報^{1,2)}のそれと同様である。

Fig. 1 は 0.5 mol/l 原液の 1/30~1/600 の濃度範囲における濃度—抵抗曲線の一例を、また Fig. 2 は透過量—時間曲線の一例を KCl, NaCl の場合について示したものである。

III 実験結果および考察

(1) 拡散係数

Table 2 は以上の方法で求めた 1 価塩化物の拡散係数を NaBr のそれとともに、各温度、拡散方向についてそれぞれ 5 個の試料の平均値 (D)、標準偏差 (σ)、ならびに変動係数 (C.V.) (標準偏差/平均値) で示したものである。ただし、HCl の T および R—方向については試料数が少なく十分なデータを得ることができなかったため、Table 1 に示すことは割愛した。この表によると、前報でも¹⁻⁵⁾触れたように木材組織に起因しての拡散係数の変動はかなり大きく、とくにこの変動は LiCl の R—方向および NH_4Cl の T—方

Table 2 Diffusion coefficient (D : $\times 10^{-7}$ cm^2/sec) of the univalent electrolytes in the longitudinal (L), tangential (T) and the radial (R) directions of Hinoki-heartwood.

Solution	Direction	Temperature ($^{\circ}\text{C}$)											
		20			30			40			50		
		D	σ^{*1}	C.V.*2	D	σ^{*1}	C.V.*2	D	σ^{*1}	C.V.*2	D	σ^{*1}	C.V.*2
LiCl	L	33.1	5.8	17.5	45.0	4.4	9.8	64.4	9.8	15.2	86.0	14.0	16.3
	T	1.06	0.15	14.2	1.53	0.25	16.3	2.16	0.37	17.1	2.98	0.55	18.5
	R	1.26	0.44	34.9	1.35	0.65	35.1	2.65	0.95	35.8	3.72	1.36	36.6
NaCl	L	54.6	2.1	3.8	78.2	4.5	5.8	104.7	5.7	5.4	137.7	6.2	4.5
	T	1.27	0.05	3.9	1.73	0.10	5.8	2.41	0.17	7.1	3.18	0.41	12.9
	R	1.37	0.07	5.1	1.96	0.07	3.6	2.54	0.04	1.6	3.38	0.24	7.1
KCl	L	48.9	3.6	7.4	72.5	2.9	4.0	92.6	7.5	8.1	121.6	9.5	7.8
	T	1.48	0.13	8.8	2.00	0.16	8.0	2.72	0.26	9.6	3.46	0.41	11.8
	R	1.76	0.14	8.0	2.41	0.21	8.7	3.22	0.31	9.6	4.25	0.46	10.8
NH_4Cl	L	53.3	10.2	19.1	76.5	11.4	14.9	105.1	14.9	14.2	144.8	11.6	8.0
	T	1.37	0.32	23.4	2.03	0.40	19.7	2.95	0.60	20.3	4.02	0.83	20.6
	R	1.62	0.23	14.2	2.57	0.46	17.9	3.87	0.41	10.6	5.53	0.77	13.9
HCl	L	127.7	12.0	9.4	156.3	12.6	8.1	204.3	23.4	11.5	251.1	38.4	15.3
NaBr	L	47.0	8.0	17.0	62.3	10.1	16.2	78.4	13.4	17.1	95.9	14.2	14.8
	T	1.16	0.17	14.7	1.67	0.23	13.8	2.35	0.33	14.0	3.22	0.47	14.6
	R	1.44	0.13	9.0	2.10	0.21	10.0	2.97	0.42	14.1	4.14	0.79	19.1

(Each value of D is the mean of five test specimens)

*1 Standard deviation ($\times 10^{-7}$ cm^2/sec).

*2 Coefficient of variation (%).

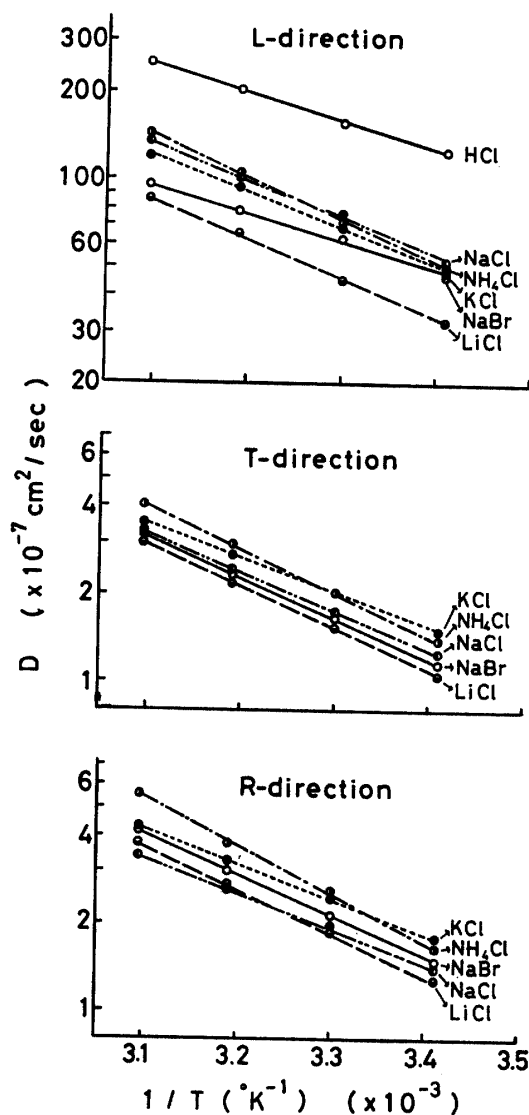


Fig. 3 Curves of the diffusion coefficient of electrolytes in wood (D) against the reciprocal of absolute temperature (T).

向において著しいことが認められる。

なお、本実験で得た KCl の 50°C における拡散係数を、同一ヒノキ材を用いて測定した同温度、同濃度、ほぼ同一厚さの前報^{3),4)}のそれ (L-方向: $125.1 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{sec}$, T-方向: $3.79 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{sec}$, R-方向: $4.88 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{sec}$) に比較すると、両者にほとんど差異がなく測定値の妥当なことが認められる。

Fig. 3 は各溶液の木材中における拡散係数を比較するために、それぞれ3拡散方向について拡散係数の対数と絶対温度の逆数をプロットしたものである。前報ならびに既往の多数の研究から明らかにされているように両者はいずれも直線関係を示すが、供試溶液の拡散係数の大きさの順位は拡散方向によって若干異なる

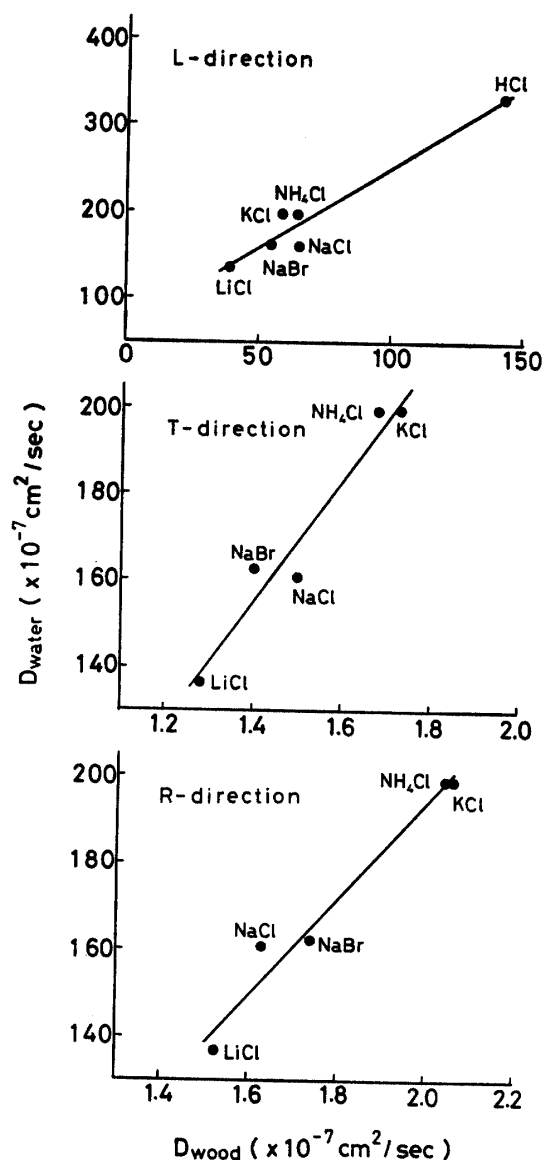


Fig. 4 Relationship between the diffusion coefficient of electrolytes in water (D_{water}) and that in wood (D_{wood}) at 25°C .

ることが認められる。以下この順位をさらに詳細に検討するために、Fig. 3 の直線部分から求めた 25°C の木材中の拡散係数 (D_{wood})、Table 2 に示した各温度の拡散係数それぞれについて、信頼度95%の水準で供試溶液相互間の有意差検定を行なってみた。Fig. 3 から明らかなように各溶液の拡散係数の大きさの順位は温度によって多少入れ替わっているところもあるが、これらを総括して3拡散方向それぞれの順位を示すと次のとおりである。

- L-方向: $\text{HCl} > \text{NH}_4\text{Cl} = \text{NaCl} \geq \text{KCl} \geq \text{NaBr} > \text{LiCl}$
- T-方向: $\text{NH}_4\text{Cl} = \text{KCl} \geq \text{NaCl} = \text{NaBr} \geq \text{LiCl}$
- R-方向: $\text{NH}_4\text{Cl} \geq \text{KCl} \geq \text{NaBr} = \text{NaCl} = \text{LiCl}$

以上の順位を 25°C の水中における拡散係数 (D_{water})

の順位: $\text{HCl} > \text{NH}_4\text{Cl} = \text{KCl} > \text{NaBr} \geq \text{NaCl} > \text{LiCl}$
 ないしは25°Cの水中における陰、陽イオンの拡散係数 (D_{ion}) の順位: $\text{H}^+ > \text{NH}_4^+ = \text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{Li}^+$, $\text{Br}^- > \text{Cl}^-$
 あるいはイオン水和数の反対の順位 (Table 1 参照) に比較すると, L 一方向の NaCl がやや高い値を示すことを除いてはほとんど対応していることが認められる。

Fig. 4 は上記の対応性をみるために, Fig. 3 の直線関係から求めた前記各溶液の 25°C における木材中の拡散係数 (D_{wood}) と同温度の水中におけるそれ (D_{water}) をそれぞれ 3 拡散方向についてプロットしたものである。図によると, プロットには若干のばらつきが認められ (Table 3 参照), また NH_4Cl と KCl , NaCl と NaBr は拡散方向によってやや異なる傾向を示すが, 前報⁵⁾ の場合と同様にいずれの場合も直線関係であらわすことができる。

これらの結果を総合すると, 前報⁵⁾ でも触れたように飽水木材中を 1 価電解質が拡散する場合には, 拡散分子やイオンは木材壁とは特別な交互作用をもたないで, 水中における場合とほぼ同様な挙動, 換言すると水中における拡散速度に準じたある割合の速度で拡散したであろうことが推測される。

Table 3 は Fig. 4 と関連して 25°C の水中における各溶液の拡散係数 (D_{water}) と同温度の木材中におけるそれ (D_{wood}) との比 ($D_{\text{water}}/D_{\text{wood}}$) を 3 拡散方向について, また Table 4 は 3 拡散方向における拡散速度の差異をそれぞれ T 一方向の拡散係数を 1 とした相対比で比較したものである。前記のように Table 3 の値は拡散方向によって若干のばらつきを示すが, 平均すると L 一方向の拡散速度は水中のその約 1/3, T 一方向のそれは約 1/113, R 一方向では約 1/95 で, Table 3 における KCl の値を濃度 3% (約 0.4 mol/l) の同溶液を用い, 気乾比重 0.44 g/cm³ のヒノキ材について測定した同温度の前報²⁾ の値 (L 一方向: 約 1/6,

Table 3 Ratios of diffusion coefficient of the electrolytes in water to that in wood at 25°C ($D_{\text{water}}/D_{\text{wood}}$).

Solution	L	T	R
LiCl	3.47	106.7	89.3
NaCl	2.47	107.3	98.8
KCl	3.37	115.2	96.7
NH_4Cl	3.12	118.7	97.3
HCl	2.35	—	—
NaBr	3.00	116.1	93.4
Mean	2.96	112.8	95.1

Table 4 Relative effects of diffusion in different structural directions.

Solution	Direction	Temperature (°C)				Mean
		20	30	40	50	
LiCl	T	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	R	1.19	1.21	1.23	1.25	1.22
	L	31.2	24.3	29.8	28.9	28.6
NaCl	T	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	R	1.08	1.13	1.05	1.06	1.08
	L	43.0	45.2	43.4	43.3	43.7
KCl	T	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	R	1.19	1.21	1.18	1.23	1.20
	L	33.0	36.3	34.0	35.1	34.6
NH_4Cl	T	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	R	1.18	1.27	1.31	1.38	1.29
	L	38.9	37.7	35.6	36.0	37.1
NaBr	T	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	R	1.24	1.26	1.26	1.29	1.26
	L	40.5	37.3	33.4	29.8	35.3

R, T 一方向: 約 1/115) に比較すると, 本実験における L, R 一方向の拡散速度はやや高い値を示すが, 気乾比重や溶液濃度の差異を考えるとほぼ妥当なものと思われる。木材中における溶質の拡散速度は拡散通路内に存在する有効毛管の毛管径とその数, とくに針葉樹材では単位拡散距離中に通過する有縁壁孔の数に支配されるので²⁾, Table 3 および Table 4 にみられるように L 一方向の拡散速度は明らかに高い値を示すが, R および T 一方向の拡散速度の差異に関しては既往の多くの結果をみても樹種によって異なり一定の傾向が認められない。Table 3, Table 4 によると R 一方向の拡散速度は T 一方向のそれよりもやや高い値を示すが, 信頼度 95% の水準で有意差検定した結果によると, NaCl と KCl の 30°C にきん少な差異が認められるだけであり, 本供試ヒノキ材の場合には R, T 両方向の拡散速度は等しいとみなしても差し支えないと考えられる。

なお Table 5 は Table 3 と関連して 25°C の水中ならびに木材中における各溶液の拡散係数を, それぞれ LiCl の値を 1 とした相対比で比較したものである。表によると, L 一方向の比はいずれの場合も水中のそれよりも高く, T および R 一方向では反対にやや低く, 3 拡散方向の平均値は水中のそれにほぼ対応する。HCl の場合は T, R 両方向の値を欠くために上記の対応性は明らかでないが, 他の溶液に比較して L 一方向

Table 5 Ratios of diffusion coefficient of the electrolytes in water or wood to that of LiCl at 25°C.

Solution	Water	Wood			
		L	T	R	Mean
LiCl	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
NaCl	1.18	1.66	1.17	1.07	1.30
KCl	1.46	1.50	1.35	1.35	1.40
NH ₄ Cl	1.46	1.62	1.31	1.34	1.42
HCl	2.44	3.61	—	—	—
NaBr	1.19	1.37	1.09	1.14	1.20

の値が極端に高いのは、前報⁵⁾でも触れたようにH⁺イオンのイオン半径やイオン水和数が小さいために拡散速度を支配する木材中の有効毛管断面が著しく増大したこと、ならびに HCl、とくに H⁺ イオンの水中における拡散係数が他の分子やイオンに比較して著しく高いことに起因すると考えられる。また NaCl の L—方向の値も前報⁵⁾ の場合と同様に他の溶液に比較してやや高い値を示すが、この理由については現在明らかでない。

(2) 拡散の活性化エネルギーと温度係数

以上が1価塩化物の拡散速度についての概要であるが、Table 2, Fig. 3 にみられるように各溶液の拡散速度は温度によって変化し、温度上昇にともなう内部摩擦の低下に起因して明らかに増大する。一般に拡散係数の温度変化は見掛けの活性化エネルギーと平均の温度係数によって示されるので、以下これらについて考察する。

拡散の活性化エネルギーは与えられた1 molの分子またはイオンが系のある位置から次の位置へ拡散、移動するために、周囲のエネルギー壁を飛び越えるに要する最小限度のエネルギーをあらわし、拡散係数(D)と見掛けの活性化エネルギー(E)の関係は化学反応

に関するアレニウス式類似の次式で与えられる。

$$D=A \exp (-E/RT)$$

ここに A は定数、R は気体定数 (1.987 cal/°K・mol)、T は絶対温度 (°K) である。したがって、Fig. 3 に示した拡散係数の対数と絶対温度の逆数との直線こう配から E を計算することができる。

また平均の温度係数 (Q_{10}) は Christensen⁶⁾ の提案に従い温度差 10°C における拡散係数の比で示すと、 Q_{10} と E の関係は次式のようになる。

$$Q_{10}=(D_{t+10})/D_t=\exp [10E/RT(T+10)] \quad (2)$$

Table 6 は以上の方法で求めた各試片の E、ならびに温度相互間における Q_{10} を、それぞれ平均値と標準偏差を用いて各溶液、拡散方向について示したものである。なお、欄外には本供試溶液に関係ある電解質またはイオンの水中における拡散の活性化エネルギーを付記した。

表によると、(2)式からも明らかなように Q_{10} と E は相互に対応して変化することが認められる。水中における電解質の E は現在十分明らかにされていないが、たとえば欄外に示した KCl の場合についてみると、3 拡散方向における木材の E はいずれも水中のその 1.3~1.4 倍で、この値は前報²⁾ のそれ (L—方向: 1.4 倍, R, T—方向: 1.6 倍) にほぼ類似する。

Table 6 にみられるように 3 拡散方向における Q_{10} や E は溶液の種類によって若干異なるが、信頼度 95% の水準で有意差検定した結果によると、L—方向では HCl と NaBr の値がやや低く他の溶液との間に、R, T 両方向では KCl の値が概して低く NH₄Cl との間にきん少な差異が認められるだけで、他の溶液相互間では全く差異がない。

また各溶液それぞれについて 3 拡散方向の Q_{10} や E を上記水準で有意差検定した結果によると、わずかに NaBr の L—方向と T—方向、L—方向と R—方向にきん少な差異が認められるだけで、本供試ヒノキ材の

Table 6 Mean temperature coefficients (Q_{10}) and activation energies (E: Kcal/mol) in diffusion process.

Solution	L		T		R	
	Q_{10}	E	Q_{10}	E	Q_{10}	E
LiCl	1.38±0.14	6.0±1.0	1.41±0.05	6.5±0.5	1.44±0.07	6.8±0.9
NaCl	1.36±0.06	5.8±0.3	1.36±0.10	5.8±1.0	1.35±0.09	5.6±0.7
KCl	1.36±0.14	5.6±0.2	1.33±0.07	5.3±0.7	1.34±0.04	5.5±0.4
NH ₄ Cl	1.41±0.10	6.3±1.0	1.44±0.14	6.8±1.3	1.51±0.17	7.7±0.8
HCl	1.25±0.07	4.3±0.9	—	—	—	—
NaBr	1.28±0.10	4.5±0.9	1.41±0.05	6.4±0.6	1.42±0.10	6.5±1.2

[Activation energy (Kcal/mol) in the diffusion process of electrolyte or ion in water: KCl=3.96 K⁺=3.99 Li⁺=4.56 Na⁺=4.39 Br⁻=4.07 Cl⁻=4.15]⁶⁾⁷⁾

場合は3拡散方向における Q_{10} や E は近似的に等しいとみなして差し支えないと考えられる。

以上の結果を総合すると、ヒノキ飽水材では仮道管の内腔と仮道管壁に存在する有縁壁孔が電解質の拡散に対する主要な拡散通路となるが、両者の毛管径を考えた場合には単位拡散距離中に通過する有縁壁孔の数が拡散速度の大小を決定する直接の因子になると同時に、その存在がまた拡散速度を制約する因子にもなるため、これを通過するに要するエネルギーが拡散方向や溶液の種類によって著しく相違しなかったものと推測される。

引用および参考文献

- 1) 佐道健・福山萬治郎(1966):京府大学報・農18:92
- 2) Fukuyama, M. and T. Sadoh (1968): Sci. Rep. Kyoto Pref. Univ., Agr., 20:57
- 3) 福山萬治郎・角田邦夫(1970):京府大学報・農22:47
- 4) Fukuyama, M. (1971): Sci. Rep. Kyoto Pref. Univ., Agr., 23:78
- 5) 福山萬治郎(1973):京府大演報, 18:59
- 6) 千谷利三(1949):"一般物理化学", p.371, 内田老鶴圃
- 7) 日本化学会編(1966):"化学便覧"(基礎編Ⅱ), p.1045, p.1264, 丸善
- 8) Stamm, A. J. (1964): "Wood and Cellulose Science", p.251, The Ronald Press Co.
- 9) Christensen, G. N. (1951): Australian J. App. Sci., 2:440

Summary

The differences in diffusion rates of the electrolytes through water-saturated wood have been measured in the three structural directions of Hinoki wood (*Chamaecyparis obtusa* ENDL.) using the univalent chlorides and NaBr (Table 1) at a concentration of 0.5 mol/l over the temperature range of 20-50°C.

The apparatus and the experimental procedure used for measurement of the diffusion rate were the same as those described in the previous report^{2~5)}. The test specimens were the disks having the sizes of 5.0 cm in diameter, and 1.0 cm [for longitudinal (L) diffusion] or 0.15 cm [for tangential (T) and radial (R) diffusion] in thickness, which were prepared from green blocks of Hinoki-heartwood.

The results obtained are as follows:

- (1) The variations of the diffusion coefficient due to the wood structure were especially remarkable for R-direction in LiCl and for T-direction in NH_4Cl (Table 2).
- (2) A plot of the logarithm of diffusion coefficient against the reciprocal of absolute temperature showed linear relationship for the diffusion of all electrolytes and of three structural directions (Fig. 3).
- (3) The order of magnitude of the diffusion coefficient in wood was almost coincident with those of D_{water} (diffusion coefficient of electrolytes in water

at 25°C) or D_{ion} (diffusion coefficient of ion in water at 25°C) and of reverse of the ionic hydration except for the L-direction of NaCl. The relationship between D_{water} and D_{wood} (diffusion coefficient of electrolytes in wood at 25°C) was approximately linear (Fig. 4).

- (4) Although the diffusion rates of the univalent electrolytes through Hinoki wood depend upon the dimension and number of effective capillaries, especially the number of the bordered pit, it was assumed that there is no interaction between the wood capillary walls and either the diffusing molecule or ion, and that the molecule or ion in wood diffuses with the similar behavior to that in water.
- (5) The ratio of the diffusion coefficient of univalent electrolytes through wood to that into water in bulk was about 1/3 for L-direction, about 1/113 for T-direction and about 1/95 for R-direction (Table 3).
- (6) There was no difference in the diffusion rates between T- and R-directions of Hinoki wood used in this experiment, while the diffusion coefficient in L-direction was approximately 23-40 times as great as the transverse values (Table 4).
- (7) As the apparent activation energy and the mean temperature coefficient in the diffusion process of the univalent electrolytes were independent of the both of diffusion direction and kinds of electrolytes with only few exceptions, it was sug-

gested that they might be dependent upon the previously.
bordered pit on tracheid wall as pointed out