有明工業高等専門学校紀要

第 7 号

昭和46年3月

Research Reports of the Ariake Technical College

No. 7

March 1971

Published by the Ariake Technical College
Omuta, Japan

目　次

AN APPLICATION OF SHIFT-COMMUTATIVE LINEAR OPERATORS TO THE LINEAR AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS WITH RANDOMNESS

—— DISCRETE TIME PARAMETER CASE ——

By

Takashi Naritomi

(Received Oct. 31, 1970)

1. Introduction and summary.

Introduction. Recently, with the developments of the theory of automatic controls, the applications of the theory of stochastic processes related to the stochastic functional equations have been investigated by many research workers. In spite of many remarkable results having been obtained in the division of automatic control systems, it seems to us as if the results were simply the formal analogue of the case of non-randomness.

Seguchi [1] tried to give theoretical formulations to the linear automatic control systems with randomness by using the shift-commutative linear operators and the related stochastic functional equations in the case of continuous time parameter. Considering the automatic control systems with discrete time parameter analogously to the above discussions, we shall seek for the optimum automatic control system of certain types of automatic control systems.

In this note, the author will discuss automatic control systems with a discrete time parameter, for the following reasons: (1) In a continuous parameter case, it is difficult to study the properties of automatic control systems with randomness whose mean square error is minimum, for example, if we choose the minimum mean square error as the criterion. Therefore, *by studying the discrete time parameter cases, we may obtain the prospect for more detailed properties of automatic control systems with a continuous time parameter.* (2) *There actually exist automatic control systems with a discrete time parameter* (See Seguchi [2]). (3) *We may study automatic control systems with a continuous parameter, approximating by the automatic control systems with a discrete time parameter.*

Summary. Section 2 will be devoted to the general remarks with linear systems which were treated by Wiener [3]. Here, we shall show that the operators which characterize the linear systems are the shift-commutative linear operators depending only on the past, which will be defined later. Considering the most primitive case, we shall point out the difference between automatic control systems with a discrete time parameter and those with continuous time parameter.

In Section 3, we shall define shift-commutative linear operators on certain linear space of infinite sequences. Furthermore, we shall refer to the relation of two sequences $\boldsymbol{y}$ and $\boldsymbol{x}$ which satisfy the relation $A\boldsymbol{y}=\boldsymbol{x}$.

In Section 4, we shall show certain primitive but typical examples of automatic control systems with randomness.

In Section 5, we shall formulate the problem concerning to the optimum automatic control systems with randomness, and solve certain types of optimum problems concern-

ing to automatic control systems.

2. Preliminaries.

2.1. *Linear systems.* Let us consider the most primitive linear system given by Fig 2.1 as on p. 99 in Wiener [3]. The characteristic of this system is (1) *independency of a shift of time parameter* and (2) *linearity.* In the case of discrete time parameter, the system is given by the following relation between the input x_t and the output y_t;

FIG. 2.1.

$$y_t = \Lambda x_t \equiv \sum_{k=-\infty}^{\infty} \alpha_k x_{t-k}. \tag{2.1.1}$$

Because in a physical system, the effect cannot precede the cause, we must consider $\alpha_k=0$, $k<0$. Let τ be the shift such as $\tau x_t \equiv x_{t-1}$, then the relation (2.1.1) has the following property;

$$\tau^l(\Lambda x_t)=\tau^l y_t = y_{t-l} = \sum_{k=0}^{\infty} \alpha_k x_{t-l-k} = \Lambda x_{t-l} = \Lambda(\tau^l x_t). \tag{2.1.2}$$

This shows that the operators of linear physical systems are the shift-commutative linear operators in the sense of Seguchi [4] (See Definition 2.1.1.)

2.2. *Automatic control system.* We shall consider the most primitive automatic control system (A. C. S.) such as Fig 2.2, where Λ_o is a linear physical system and Γ_o is a linear feedback system.

The problems of time lags of feedback systems are necessarily induced in an A.C.S. with discrete time parameter. This is essentially different point from the case of continuous time parameter.

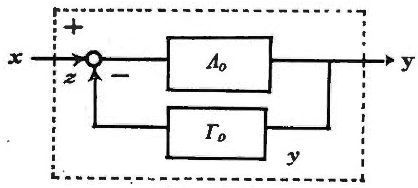


FIG. 2.2.

Now, let Λ_o and Γ_o be

$$\Lambda_o x_t \equiv \sum_{k\geq 0} \alpha_k x_{t-k}, \quad \text{and} \quad \Gamma_o x_t \equiv \sum_{k\geq 0} \beta_k x_{t-k},$$

the input and output be x_t and y_t, respectively, and let us put $\Lambda_o x_t \equiv \tilde{y}_t$, $\Gamma_o y_t \equiv \tilde{z}_t$ and $z_t \equiv \tau^l \tilde{z}_t = \tau^l \Gamma_o y_t \equiv \Gamma y_t$, where l is a time lag of the feedback system. Then we have

$$y_t = \Lambda_o(x_t - z_t) = \Lambda_o(x_t - \tau^l \Gamma_o y_t) = \Lambda_o x_t - \Lambda_o \tau^l \Gamma_o y_t \equiv \Lambda_o x_t - \Lambda_o \Gamma y_t.$$

From this relation, we have

$$(\Lambda + \Gamma) y_t \equiv (\Lambda_o^{-1} + \Gamma) y_t = x_t, \tag{2.2.1}$$

where $\Lambda \equiv \Lambda_o^{-1}$ and $\Gamma \equiv \tau^l \Gamma_o$.

3. Definition and properties of shift-commutative linear operators.

In this section, we shall define and study the shift-commutative linear operators and their properties in the discrete parameter cases.

3.1. *Definition.* First, we shall define a shift-commutative linear operator of discrete parameter, analogously with Seguchi [1] and [4].

DEFINITION 3.1.1. Let $\boldsymbol{F} \equiv \{\boldsymbol{x};\ \boldsymbol{x} \equiv (x_n)_{n\in N}\}$[1] be the all sequences of complex (or real) numbers and let $(\Lambda, \boldsymbol{D}, \tau)$ be such that: (1) τ is the *shift* defined on $\boldsymbol{F}$; i.e. for any $\boldsymbol{x} \in \boldsymbol{F}$, $\tau \boldsymbol{x} \equiv \tau(x_n)_{n\in N} \equiv (x_{n-1})_{n\in N}$. (2) $\boldsymbol{D}$ is a non-trivial complex (or real) linear sub-space of $\boldsymbol{F}$, which satisfies the condition

(L 1) $\tau D \subset D$,

(3) A is a linear operator defined on D and satisfies the condition

(L 2) $AD \subset F$,

(4) there exists the following relation between the linear operator A and the shift τ;

(L 3) $\tau(Ax) = A(\tau x)$, for any $x \in D$.

Then we shall call the linear operator A the *shift-commutative linear operator* (S-C.L.Op.) defined on D w.r.t. τ, denote D by $\mathfrak{D}(A)$ and denote all S-C.L.Op. s by $\boldsymbol{A}$.

For any $t \in N$, let us denote the t-component of x by $x_t \equiv x_t$, and the following expression is proper:

(3.1.1) $\tau x_t \equiv (\tau x)_t = x_{t-1}$. and $(Ax)_t = Ax_t$.

REMARKS. (1) We used the above notations on Section 2. (2) Hereafter, we may use the notation τx_t and Ax_t in the sense of τx and Ax, respectively. (3) We can express as $Ax_t \equiv \sum_{k=-\infty}^{\infty} a_k x_{t-k} \equiv \lim_{n\to\infty} \sum_{k=-n}^{n} a_k x_{t-k}$ for every $t \in N$, if the right hand side is convergent in certain sense.

Let A be an S-C.L.Op. and $\mathfrak{B}(A) \equiv \{w;\ w^t \in \mathfrak{D}(A),\ w \in C\}$[2]. Then *there exists the function $c_\Lambda(w)$ such that for any $w \in \mathfrak{B}(A)$,*

(3.1.2) $Aw^t \equiv w^t c_\Lambda(w)$ *for every* $t \in N$,

where $c_\Lambda(w)$ is independent of t. The function c_Λ is called the *characteristic function* (c.f.) of S-C.L.Op. A and plays important roles to study S-C.L.Op.s..

When x is a random sequence, then we may denote $x \equiv x(\omega) \equiv (x_t(\omega))_{t \in N}$, where $x_t \equiv x_t(\omega)$ satisfies $\mathrm{E}|x_t(\omega)|^2 < \infty$ for every $t \in N$, and we denote the all sequences $x(\omega)$ by $F(\Omega)$.

Now, we consider the case where $x \equiv x(\omega)$ is a stationary sequence. Then $x_t(\omega)$ and its covariance sequence $r_{x,t}$ can be expressed as follows;

(3.1.3) $$x_t(\omega) = \int_{-\pi}^{\pi} e^{i\theta t} Z_x(d\theta, \omega) \quad \text{and} \quad r_{x,t} = \int_{-\pi}^{\pi} e^{i\theta t} \mu_x(d\theta),$$

where Z_x and μ_x are the orthogonal random measure and the spectral measure ef $x(\omega)$, respectively. If the c.f. c_Λ of A satisfies the condition

(3.1.4) $$\int_{-\pi}^{\pi} |c_\Lambda(e^{i\theta})|^2 \mu_x(d\theta) < \infty,$$

then we can define Ax as

(3.1.5) $$Ax_t(\omega) \equiv \int_{-\pi}^{\pi} e^{i\theta t} c_\Lambda(e^{i\theta}) Z_x(d\theta, \omega), \text{ for every } t \in N.$$

Then the covariance sequence of Ax is

(3.1.6) $$r_{\Lambda x,t,} = \int_{-\pi}^{\pi} e^{i\theta t} |c_\Lambda(e^{i\theta})|^2 \mu_x(d\theta), \text{ for every } t \in N,$$

and $Ax(\omega)$ satisfies the relation

(3.1.7) $$Ax_t(\omega) = \underset{n\to\infty}{\mathrm{l.i.m.}} \sum_{k=-n}^{n} a_k x_{t-k}(\omega), \text{ for every } t \in N^{3)}.$$

But when we consider automatic control systems with randomness, we must refer to the additional preparations. We shall introduce, analogously with Seguchi [1], the class D_e which is the complete metric space w.r.t. ρ spanned by $\{x;\ x \equiv (x_t)_{t \in N}\}$, where

---

1) N is the set of all integers.

2) C is the set of all complex numbers.

(3.1.8) $$x_t \equiv \sum_{h=1}^{k} \sum_{j=0}^{m_h} t^j w_h^t \; K_{x,j}(w_h)$$

and

(3.1.9) $$\rho(\boldsymbol{x},\boldsymbol{y}) \equiv \sum_{n=1}^{\infty} (1/2)^n \max_{|t|\leq n} |x_t - y_t|.$$

And if a sequence $\boldsymbol{x}$ belongs to $\boldsymbol{D}_e$, we shall denote as

(3.1.10) $$x_t = \int_C \sum_j t^j \; w^t \; K_{x,j} \; (dw),$$

analogously with Seguchi [1], pp. 136–137.

Let $\boldsymbol{D}_e(\Omega)$ be the complete metric space w.r.t. $\boldsymbol{\rho}$, which is spanned by $\{\boldsymbol{x}(\omega);\ (x_t(\omega))_{t\in N}\}$, where

(3.1.11) $$x_t(\omega) \equiv \sum_{h=1}^{k} \sum_{j=0}^{m_h} t^j w_h^t \; Z_{x,j}(w_h, \; \omega)$$

and

(3.1.12) $$\boldsymbol{\rho}(\boldsymbol{x},\boldsymbol{y}) \equiv \sum_{n=1}^{\infty} (1/2)^n \max_{t|\leq n} \; [\mathrm{E}|x_t(\omega) - y_t(\omega)|^2]^{1/2}.$$

And if a sequence $\boldsymbol{x}(\omega)$ belongs to $\boldsymbol{D}_e(\Omega)$, we shall denote $x_t(\omega)$ as

(3.1.13) $$x_t(\omega) = \int_C \sum_j t^j w^t \; Z_{x,j} \; (dw, \; \omega),$$

analogously with Seguchi [1], p. 137. Especially, if $j\equiv 0$ and the carrier of $Z_{x,0}$ is on the unit circle and $Z_{x,0}$ is orthogonal random measure, then $\boldsymbol{x}(\omega)$ is a stationary (random) sequence.

It is easily seen that $\boldsymbol{D}_e$ and $\boldsymbol{D}_e(\Omega)$ are linear sub-spaces of $\boldsymbol{F}$ and $\boldsymbol{F}(\Omega)$. Hence we can define a S-C.L.Op. Λ on $\boldsymbol{D}_e$ or $\boldsymbol{D}_e(\Omega)$ w.r.t. τ. We shall denote all these S-C.L.Op.s by $\boldsymbol{\Lambda}_e$. For any $\Lambda \in \boldsymbol{\Lambda}_e$, $\Lambda \boldsymbol{x}$ must satisfy the following relations;

(3.1.14) $$\Lambda x_t = \mathrm{Lim}_{n\to\infty} \sum_{k=-n}^{n} a_k x_{t-k}, \qquad \text{for every } t\in N,$$

and

(3.1.15) $$\Lambda x_t(\omega) = \mathrm{L.i.m.}_{n\to\infty} \sum_{k=-n}^{n} a_k \; x_{t-k}(\omega), \text{ for every } t\in N,$$

where Lim and L.i.m. mean the limit w.r.t. the metrices ρ and $\boldsymbol{\rho}$,respectively.

We shall denote the set of all $\Lambda\in\boldsymbol{\Lambda}$(or $\boldsymbol{\Lambda}_e$) which are expressed by $\Lambda x_t \equiv \sum_{k=0}^{\infty} a_k x_{t-k}$, i.e. dependent only on the past, by $\boldsymbol{\Lambda}_-$ (or $\boldsymbol{\Lambda}_{e-}$).

DEFINITION 3.1.2. For a S-C.L.Op. $\Lambda\in\boldsymbol{\Lambda}$ (or $\boldsymbol{\Lambda}_e$), the S-C.L.Op. $\Gamma\in\boldsymbol{\Lambda}$ (or $\boldsymbol{\Lambda}_e$) is called the *inverse operator* of Λ and is denoted as Λ^{-1} if and only if the conditions (1) $\overline{\mathfrak{B}(\Lambda)} = \overline{\mathfrak{B}(\Lambda)} = C$, where $\bar{A}$ means the closure of a set A, (2) any zero w_0 of c_Λ with multiplicity k_0 is the pole of c_Γ of order k_0 and any zero w_1 of c_Γ with multiplicity k_1 is the pole of c_Λ of order k_1, (3) c_Λ (or c_Γ) has not zeros and poles on the unit circle, and (4) $c_\Gamma \equiv 1/c_\Lambda$ in C but except the zeros and the poles of c_Λ (or c_Γ), are satisfied.

3.2. *Properties.* Here, we shall study the properties of S-C.L.Op.s and the relations of two random sequences which are connected by a S-C.L.Op.. We have

THEOREM 3.2.1. *Let Λ, Γ and Δ be S-C.L.Op.s.. Then we have*

(1°) *if $\Delta = a\Lambda + b\Gamma$ then $c_\Delta = ac_\Lambda + bc_\Gamma$,*

(2°) *if $\Delta = \Lambda\Gamma$ then $c_\Delta = c_\Lambda c_\Gamma = c_\Gamma c_\Lambda$,*

(3°) *if there exists the inverse operator Λ^{-1} then $c_{\Lambda^{-1}} = 1/c_\Lambda$.*

Let $\boldsymbol{x}$ and $\boldsymbol{y}$ be two stationary sequences which satisfy the relation

3) l.i.m. means the "limit in the mean".

(3.2.1) $$\Lambda y = x,$$

where $\Lambda \in \boldsymbol{\Lambda}_e$. Then the above relation (3.2.1) is expressed as

(3.2.2) $$\Lambda y_t(\omega) = \int_{-\pi}^{\pi} e^{i\theta t}\, c_\Lambda(e^{i\theta})\, Z_y(d\theta,\omega) = \int_{-\pi}^{\pi} e^{i\theta t}\, Z_x(d\theta,\omega) = x_t(\omega),$$

for every $t \in N$, where Z_y and Z_x are the orthogonal random measures of $\boldsymbol{y}$ and $\boldsymbol{x}$, respectively. Then we have analogous results with Propositions II.1–II.5 in Seguchi [1]. pp. 140–142. For example, the result corresponding to Proposition II. 4 is as following:

THEOREM 3.2.2. *If* $\boldsymbol{x}$ *is a stationary sequence and* $\boldsymbol{\xi}$ *is a homogeneous orthogonal random sequence (white noise) and* $\Lambda \in \boldsymbol{\Lambda}_e$, *then*

(1°) *the relation*

(3.2.6) $$\Lambda x = \xi$$

holds if and only if the condition (a) $N_\Lambda \equiv \{\theta;\, c_\Lambda(e^{i\theta}) = 0\} = \phi$ *and (b)* $\int_{-\pi}^{\pi} 1/|c_\Lambda(e^{i\theta})|^2\, d\theta < \infty$, *are satisfied,*

(2°) *any stationary sequence* $\boldsymbol{x}(\omega)$ *satisfying* (3.2.6) *is uniquely given by*

(3.2.7) $$x_t(\omega) = \int_{-\pi}^{\pi} e^{i\theta t}\, Z_\xi(d\theta,\omega)/c_\Lambda(e^{i\theta}),$$

where Z_ξ *is the homogeneous orthogonal random measure on unit circle such that* $\xi_t(\omega) = \int_{-\pi}^{\pi} e^{i\theta t}\, Z_\xi(d\theta,\,\omega)$,

(3°) *furthermore, the covariance sequence of* $\boldsymbol{x}(\omega)$ *is given by*

(3.2.8) $$r_{x,t} = \int_{-\pi}^{\pi} e^{i\theta t} d\theta/|c_\Lambda(e^{i\theta})|^2.$$

4. Some types of automatic control systems with randomness.

4.1. *Some examples.* First, we shall show some primitive but typical examples of automatic control systems.

EXAMPLE 4.1. Let us consider the A.C.S. with random noise such as Fig. 4.1. Then we have the equation

(4.1.1) $$x_t + \xi_t = (I + \Lambda\Gamma) y_t$$

Especially if the input $x_t \equiv 0$ (this case is regarded as the constant input case), then we have

(4.1.2) $$(I + \Lambda\Gamma) y_t = \xi_t.$$

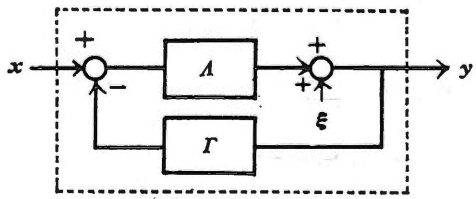


FIG. 4.1.

EXAMPLE 4.2. Let us consider the A.C.S. such as Fig. 4.2.. Then, the following relation is easily obtained:

(4.1.3) $$(\Lambda_1 + \Lambda_2 \Gamma) y_t \equiv \Delta^{-1}(\Lambda^{-1} + \Gamma) y_t = x_t$$

where $\Lambda_1 \equiv \Delta^{-1}\Lambda^{-1}$and $\Lambda_2 \equiv \Delta^{-1}$.

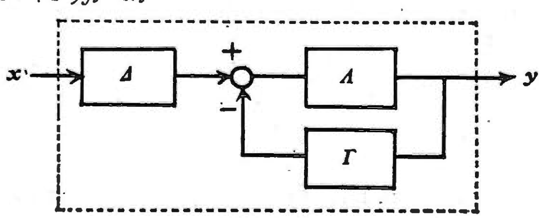


FIG. 4.2.

4.2. *Some types.* From the examples in Section 1 and Section 4.1, we have the following three types of automatic control systems with randomness;

(I) $\quad \Delta y=(\Lambda+\Gamma)y=x,$

(II) $\quad \Delta y=(I+\Lambda\Gamma)y=\xi,$

(III) $\quad \Delta y=(\Lambda_1+\Lambda_2\Gamma)y=x.$

The above types are all included in the case of

(T II) $\quad \Delta y\equiv\Phi(\Lambda,\Gamma)y=x,$

(T III) $\quad \Delta y\equiv\Phi(\Lambda,\Gamma)y=\xi$

in Seguchi [1], p. 129, where $\Lambda=(\Lambda_1,\Lambda_2,\cdots)$.

5. Optimum automatic control systems with randomness.

5.1. *General problems.* In general, the problems of optimum automatic control systems may be defined "Under the preassigned $\Phi(\Lambda,*)\equiv\Delta$, to seek for the optimum feedback system $\hat{\Gamma}$ for certain preassigned criterion, within the certain restricted class of feedback systems".

As the *restrictive requirements*, it should be considered that

(R 1) the output y should not be dependent on the future of the input x and the noise ξ, and

(R 2) the output y must be stationary sequence or satisfy certain type of stability condition.

As the *criterions*, it is natural to choose the minimum varianceness of stationary output y.

By the analogous discussions with Seguchi [1], from the requirements (R 1) and (R 2), the following three conditions must be satisfied:

(S 1) There exists the inverse operator Δ^{-1} of Δ and Δ^{-1} should be dependent only on the past.

(S 2) The types (I), (II) and (III) are all meaningful.

And for the general solution y_0 of the homogeneous equation

(IV) $\quad \Delta y\equiv\Phi(\Lambda,\Gamma)y=0,$

(S 3) $\quad y_{0,t}\to 0,\quad$ as $t\to\infty$

Under the conditions (S 1), (S 2) and (S 3), the solution y of the type (I), (II) and (III) converge to some stationary sequences as $t\to\infty$. The solutions y_t are dependent only on the past of the input x_t and the noise ξ_t and their variances are given by the following forms:

(I. 1) $$V[y]\equiv\int_{-\pi}^{\pi}1/|c_\Delta(e^{i\theta})|^2\,\mu_x(d\theta)=\int_{-\pi}^{\pi}1/|c_\Lambda(e^{i\theta})+c_\Gamma(e^{i\theta})|^2\,\mu_x(d\theta),$$

(II. 1) $$V[y]\equiv\int_{-\pi}^{\pi}1/|c_\Delta(e^{i\theta})|^2\,d\theta=\int_{-\pi}^{\pi}1/|1+c_\Lambda(e^{i\theta})c_\Gamma(e^{i\theta})|^2\,d\theta$$

and

(III. 1) $$V[y]=\int_{-\pi}^{\pi}1/|c_\Delta(e^{i\theta})|^2\,\mu_x(d\theta)=\int_{-\pi}^{\pi}1/|c_{\Lambda_1}(e^{i\theta})+c_{\Lambda_2}(e^{i\theta})c_\Gamma(e^{i\theta})|^2\,\mu_x(d\theta).$$

Hence from our criterion, it means to *seek for the optimum feedback system* $\hat{\Gamma}$ *which minimize the variance* $V[y]$, to seek for the optimum automatic control system,

In the next section, we shall concretely solve the problems to obtain the optimum feedback system in the simple cases. To solve the problems, we shall give a sufficient conditions for that (S 1), (S 2) and (S 3) hold.

THEOREM 5.1.1. *If* c_Δ *satisfies the following conditions* (1), (2) *and* (3), *then* (S 1), (S 2) *and* (S 3) *hold*:

(1) *All zeros and poles of* c_Δ *are in the unit circle.*

(2) c_Δ *is analytic in the unit circle but except all poles.*

(3) c_Δ *has the boundary value* $c_\Delta(e^{i\theta})$ *on the unit circle and satisfies*

(5.1.1) $$\int_{-\pi}^{\pi} 1/|c_\Delta(e^{i\theta})|^2\, d\theta<\infty \text{ or } \int_{-\pi}^{\pi} 1/|c_\Delta(e^{i\theta})|^2\, \mu_x(d\theta)<\infty.$$

5.2. *Type* (I). Our main interests are to study the relations between the distribution of zeros of c.f. c_Δ and the value of V[$\boldsymbol{y}$], and to obtain the optimum automatic control systems.

For the first step to study the above problems, we shall start from the following very special cases: (1) We shall deal with only the type I, (2) The input $\boldsymbol{x}(\omega)\equiv\boldsymbol{\xi}(\omega)$ (this means that the input is constant plus white noise). (3) Furthermore, we shall restrict ourselves in the cases that

(5.2.1) $$\Lambda=A_0I+A_1\tau+A_2\tau^2,\quad A_0A_2\neq0,$$

(5.2.2) $$\Gamma_0=AI,\ \Gamma=\tau^l\Gamma_0,\quad l=0,1,2$$

in the type (I).

Then c_Δ will be expressed as follows;

(5.2.3) $$c_\Delta(w)=(A_0+A)+A_1w^{-1}+A_2w^{-2},\quad \text{if } l=0,$$

(5.2.4) $$c_\Delta(w)=A_0+(A_1+A)w^{-1}+A_2w^{-2},\quad \text{if } l=1,$$

and

(5.2.5) $$c_\Delta(w)=A_0+A_1w^{-1}+(A_2+A)w^{-2},\quad \text{if } l=2.$$

As we have shown in the preceding Section 5.1, we have

$$\Delta\boldsymbol{y}=(\Lambda+\Gamma)\boldsymbol{y}=\boldsymbol{\xi}$$

and

(5.2.6) $$\mathrm{V}[\boldsymbol{y}]=\int_{-\pi}^{\pi} d\theta/|c_\Delta(e^{i\theta})|^2.$$

[I] To simplify the calculations of V[$\boldsymbol{y}$] and the discussions hereafter, we shall start the following considerations:

(1°) Let us put

(5.2.7) $$c(w)\equiv a+bw^{-1}+cw^{-2}\equiv aw^{-2}(w^2+(b/a)w+(c/a))\equiv aw^{-2}\phi(w),\quad a\neq0.$$

From Theorem 5.1.1, zeros of $c_\Delta(w)$ i.e. zeros of $\phi(w)$ must be in the unit circle. As the condition for it, after some calculations, we have the following set of conditions {D}: If D is the determinant of the equation $\phi(w)=0$, then under the condition $D>0$,

(D_1^+) if $c<-|b|/2$, then $|b|-c<a$,

(D_2^+) if $-|b|/2\leq c<0$, then $b^2/(4c)<a<-|b|-c$ or $|b|-c<a$,

(D_3^+) if $0<c\leq|b|/2$. then $a<-|b|-c$ or $|b|-c<a<b^2/(4c)$,

(D_4^+) if $|b|/2<c$, then $a<-|b|-c$,

under the condition $D<0$,

(D_1^-) if $c<-|b|/2$, then $a<c$,

(D_2^-) if $-|b|/2\leq c<0$, then $a<b^2/(4c)$,

(D_3^-) if $0<c\leq|b|/2$, then $b^2/(4c)<a$,

(D_4^-) if $|b|/2<c$, then $c<a$,

and under the condition $D=0$,

(D^0) $\qquad -|b|/2 \leq c \leq |b|/2$, and $a = b^2/(4c)$

(2°) Calculating V[$\boldsymbol{y}$] under the above set of conditions, we have

(5.2.8) $$V(a,b,c) \equiv V[\boldsymbol{y}] = 2\pi(a+c)/[(a+b+c)(a-b+c)(a-c)].$$

[II] $l=0$ *case.*[4] This is the case where $a \equiv A_0 + A$ (variable), $b \equiv A_1$ (constant) and $c \equiv A_2$ (constant). Then the set of conditions {D} becomes as follows; When $D>0$, then

(D_1^+ 0) if $A_2 < -|A_1|/2$, then $|A_1| - A_2 < a$,

(D_2^+ 0) if $-|A_1|/2 \leq A_2 < 0$, then $A_1^2/(4A_2) < a < -|A_1| - A_2$ or $|A_1| - A_2 < a$,

(D_3^+ 0) if $< A_2 \leq |A_1|/2$, then $a < -|A_1| - A_2$ or $|A_1| - A_2 < a < A_1^2/(4A_2)$,

(D_4^+ 0) if $|A_1|/2 < A_2$, then $a < -|A_1| - A_2$,

when $D<0$, then

(D_1^- 0) if $A_2 < -|A_1|/2$, then $a < A_2$,

(D_2^- 0) if $-|A_1|/2 \leq A_2 < 0$, then $a < A_1^2/(4A_2)$,

(D_3^- 0) if $0 < A_2 \leq |A_1|/2$, then $A_1^2/(4A_2) < a$,

(D_4^- 0) if $|A_1|/2 < A_2$, then $A_2 < a$,

and when $D=0$, then

(D^0 0) $\quad -|A_1|/2 \leq A_2 \leq |A_1|/2$, and $a = A_1^2/(4A_2)$.

We can easily see that *to obtain the optimum A.C.S. is equivalent to determine a such that, under the above set of conditions, the value of*

(5.2.9) $$V(a) \equiv V(a,\ A_1,\ A_2) = 2\pi(a+A_2)/[(a+A_1+A_2)(a-A_1+A_2)(a-A_2)] = \min..$$

As a can be chosen within the half intervals min $(A_2,\ -|A_1| - A_2) \geq a$ or max $(A_2,\ |A_1| - A_2) \leq a$, we can see that *$V(a)$ is vanishing as $|a| \to \infty$.*

[III] $l=1$ *case.* This is the case where $a \equiv A_0$ (constant), $b \equiv A_1 + A$ (variable) and $c \equiv A_2$ (constant). Then, from the set of conditions {D}, we can derive the followings: When $D>0$, then

(D_1^+ 1) if $A_0A_2 > 0$, then $|A_0| > |A_2|$ and $-|A_0+A_2| < b < -2\sqrt{A_0A_2}$
or $2\sqrt{A_0A_2} < b < |A_0+A_2|$,

(D_2^+ 1) if $A_0A_2 < 0$, then $|A_0| > |A_2|$ and $-|A_0+A_2| < b < |A_0+A_2|$, when $D<0$, then

(D^- 1) $A_0A_2 > 0$, $|A_0| > |A_2|$ and $-2\sqrt{A_0A_2} < b < 2\sqrt{A_0A_2}$

and when $D=0$, then

(D^0 1) $A_0A_2 < 0$, $|A_0| > |A_2|$ and $b = 2\sqrt{A_0A_2}$.

We can easily see that *to obtain the optimum A.C.S. is equivalent to determine b such that, under the above set of conditions, the value of*

(5.2.10) $$V(b) \equiv V(A_0, b, A_2) = 2\pi(A_0+A_2)/[A_0+b+A_2)(A_0-b+A_2)(A_0-A_2)] = \min..$$

If $A_0A_2 > 0$, then we can easily see from the condition (D^- 1) and $V(b)$ that $V(b)$ is minimum when $b=0$. Then, $\phi(w)=0$ has two imaginary roots $\pm\sqrt{A_2/A_0}\ i$. If $A_0A_2 < 0$,

4) This case appears in the problems of discrete time parameter approximations of continuous time parameter cases.

then we can easily see, from the condition (D_2^+ 1) and $V(b)$, that $V(b)$ is minimum when $b=0$. Then $\phi(w)=0$ has two real roots $\pm\sqrt{-A_2/A_0}$. Accordingly, *in $l=1$ case, we get the optimum feedback system $\Gamma=-A_1\tau$.*

〔IV〕 *$l=2$ case.* This is the case where $a\equiv A_0$(constant), $b\equiv A_1$(constant) and $c\equiv A_2+A$ (variable). Then we can derive from the set of conditions {D}, the followings: When $D>0$, then

(D_1^+ 2) if $A_0>0$, then $-2A_0<A_1<2A_0$ and $-A_0\pm A_1<c<A_1^2/(4A_0)$,

(D_2^+ 2) if $A_0<0$, then $2A_0<A_1<-2A_0$ and $A_1^2/(4A_0)<c<-A_0\pm A_1$;

when $D<0$, then

(D_1^- 2) if $A_0>0$, then $-2A_0<A_1<2A_0$ and $A_1^2/(4A_0)<c<A_0$,

(D_2^- 2) if $A_0<0$, then $2A_0<A_1<-2A_0$ and $A_0<c<A_1^2/(4A_0)$

and when $D=0$, then

(D^0 2) $-2A_0<A_1<2A_0$ and $c=A_1^2/(4A_0)$.

We can easily see that *to obtain the optimum A.C.S. is equivalent to determine c such that, under the above set of conditions, the value of*

(5.2.11) $$V(c)\equiv V(A_0,\ A_1,\ c)=2\pi(A_0+c)/[(A_0+A_1+c)(A_0-A_1+c)(A_0-c)]=\text{min.}.$$

Here, let us consider the relation between the value of $V(c)$ and $c\equiv A_2+A$, under the set of conditions (D_1^+ 2)——(D^0 2).

(1°) Differentiating (5.2.11), we have

(5.2.12) $$dV/dc=[4\pi(c^3+2c^2A_0+cA_0^2-A_0A_1^2]/[(A_0+A_1+c)(A_0-A_1+c)(A_0-c)]^2.$$

Putting $v(c)\equiv c^3+2A_0c^2+A_0^2c-A_0A_1^2$, we can easily show the followings:

(a) If $A_0>0$, then the maximum of $v(c)$ is $v(-A_0)=-A_0A_1^2<0$, and then $v(A_1^2/(4A_0))=A_1^2(A_1^2+12A_0^2)(A_1^2-4A_0^2)/(64A_0^3)<0$ and $v(A_0)=A_0(4A_0^2-A_1)>0$.

(b) If $A_0<0$, then the minimum of $v(c)$ is $v(-A_0)>0$, and then $v(A_1^2/(4A_0))>0$ and $v(A_0)<0$. Hence, by considering the graph of $y=v(c)$, we can see that the only real root of $v(c)=0$ lies within the interval $(A_1^2/(4A_0),\ A_0)$ if $A_0>0$, or the interval $(A_0,\ A_1^2/(4A_0))$ if $A_0<0$. *Let c_0 be the unique real zero of $v(c)$ (i.e. $dV(c)/dc$).*

(2°) From (a) and (b),
we have the following relations:

(a′) If $A_0>0$, then $dV/dc<0$ in $(-A_0\pm A_1,\ c_0)$ and $dV/dc>0$ in $(c_0,\ A_0)$.

(b′) If $A_0<0$, then $dV/dc<0$ in $(A_0,\ c_0)$ and $dV/dc>0$ in $(c_0,\ -A_0\pm A_1)$.

(3°) Furthermore, two zeros of $c_\Delta(w)$ are given by the following forms:

(5.2.13) $$w_1\equiv(-A_1+\sqrt{A_1^2-4A_0c})/(2A_0) \text{ and } w_2\equiv(-A_1-\sqrt{A_1^2-4A_0c})/(2A_0)$$

(4°) When $A_0>0$, we shall consider the two cases as follows:

(Case 1): Where the zeros of $c_\Delta(w)$ are real.

As we have $dV/dc<0$ in the interval $(-A_0\pm A_1,\ A_1^2/(4A_0))$, from (a′), the function $V(c)$ is decreasing and from (5.2.13), we can see that the zeros of $c_\Delta(w)$ converge on the real axis to $-A_1/(2A_0)$ as c increases to $A_1^2/(4A_0)$ and the value of $V(A_1^2/(4A_0))$ is minimum when the zeros of $c_\Delta(w)$ are real.

(Case 2): Where the zeros of $c_\Delta(w)$ are complex numbers.

As we have $dV/dc<0$ in the interval $(A_1^2/(4A_0),\ c_0)$ and $dV/dc>0$ in the interval $(c_0,\ A_0)$ from (a′), the function $V(c)$ is decreasing in the interval $(A_1^2/(4A_0),\ c_0)$ and is increasing in the interval (c_0, A_0), and from (5.2.13), we can see that the zeros of $c_\Delta(w)$ gradually leave the real axis on the line Re $w=-A_1/(2A_0)$ as a increases to A_0. And the value of $V(c_0)$ is minimum when the zeros of $c_\Delta(w)$ are complex value.

(5°) When $A_0<0$, we have the same results as the case of $A_0>0$. i.e. (5.2.11) is minimum when $c=c_0$.

(6°) Accordingly, we get the optimum feedback system is $\Gamma=(c_0-A_2)\tau^2$, where c_0 is the unique real zero of $\eta(c)$ or $dV(c)/dc$.

References

[1] Seguchi, T. *An application of shift-commutative linear operators to the linear automatic control systems with randomness — A theoretical formulation—*, Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ., Ser. A, **24** (1970), 120–145.

[2] ———. *Some statistical process controls* (I) — *Controls of additive processes*—, Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ., Ser. A, **14** (1960), 139–153.

[3] Wiener, N. *Cybernetics, 2nd ed.*, The M.I.T. Press, 1961.

[4] Seguchi, T. *Shift-commutative linear operators and stationary processes*, Mem. Fac. Sci. Kyushu Uniy., Ser. A, **23** (1969), 106–155.

[5] Wold, H. *A study in the analysis of stationary time series*, 2nd ed., Almquist and Wiksell, Stockholm, 1954.

[6] Grenander, U. and Rosenblatt, M. *Statistical analysis of stationary time series*, Wiles, New York, 1957.

格子熱伝導度の理論計算（続報）

永田達郎
石崎勝典

<昭和45年10月20日受理>

Theory and Numerical Calculation of Lattice Thermal Conductivity

In taking acount of the scattering by point impurities or isotopes and the umklapp processes to add to the boundary scattering, we examined the difference of the lattice conductivity between on using the Debye's approximate distribution and on using the precise distribution as the frequency distribution of phonon in the solid.

We reconfirm the usefulness of the Debye's approximation.

And we produce the formulas for the two-dimensional lattice conductivity by using Bower-Rosenstock's distribution function.

Tatsuro Nagata, Katsunori Isizaki.

§8. 境界散乱以外の要因を考慮したときの格子熱伝導度

前報[1]では一次元格子において，緩和時間が温度にも，振動数にもよらない定数として銅の格子振動数スペクトルによる格子熱伝導度と *Debye* 近似によるそれとをくらべた．

今回は緩和時間が温度と振動数との関数として両者の比較計算を行なった．

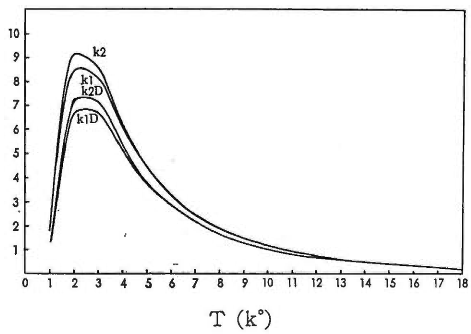
前報の式[2]に於て

$$\tau=\frac{1}{A\omega^4+BT^3\omega^2+C/L}$$

とおいて振動数スペクトルによるものを $k1$，*Debye* 近似によるものを $k1D$ とする．又

$$\tau=\frac{1}{BT^3\omega^2+C/L}$$

とおいて振動数スペクトルによるものを $k2$，*Debye* 近似によるものを $k2D$ として計算したものを下図に示す．



なお計算方法は前報と同じ方法で行なった．

この結果から，*Debye* 近似がいかによい近似であるかを再認識させられた，しかし 15°K 以下に若干の差が認められる．この差がわずかであるので振動数スペクトルの読み取りの誤差によるのかもしれないが，いずれにしてもこの附近の低温においては注意をする必要がある．

以上の計算は九大大型計算機センタのFACOM230–60 を使用して行なった．

§9. 2次元正方格子の熱伝導度

3次元結晶の問題については，厳密な計算は理論的には実行されておらず，いつも近似計算のみで推定されているのが現状である．一方，2次元結晶の問題については，現実には2次元結晶は存在しないだろうが，ある結晶は2次元的であるというものは存在するから，2次元結晶の問題を考え，それに対する理論を与えることは，理論が，ある場合には厳密な解を与えてくれるので，我々の考え方の正当性を本当に確かめてくれることになるという意味で重要である．熱伝導

度の問題にしても例外ではない．3次元結晶に関する限り近似計算ばかりである．その第1として振動数分布は *Debye* 近似を利用している．これは名前の通り近似である．振動数分布を求める式は一般的に存在するけれども実際には3次元結晶については解けないから，何等かの近似方法を行なっている．Houston の方法，Montroll の方法等[3]である．しかし2次元の正方格子について Bower と Rosenstock[4] は振動数分布を厳密に求めている．原子の並んでいる平面に垂直に原子が変位する振動に対して，次の結果を得ている．

最大の振動数を ω_{max} としたとき換算振動数 $\overline{\omega^2}$ を

$$\overline{\omega^2} = \frac{\omega^2}{\omega^2_{max}}$$

で定め，最近接原子間の相互作用定数を α とし，第2近接原子間のを γ として，

$\dfrac{\gamma}{\alpha} \leqq \dfrac{1}{2}$ のとき

$$g\left(\overline{\omega^2}\right) = \frac{4K\left(K_1^2\right)}{\pi^2\left[\left(1+\frac{2\gamma}{\alpha}\right)^2 - 8\left(\frac{\gamma}{\alpha}\right)\overline{\omega^2}\right]^{\frac{1}{2}}} : 0<\overline{\omega^2}<1,\quad K_1^2 = \frac{4\left(1-\overline{\omega^2}\right)\overline{\omega^2}}{\left(1+\frac{2\gamma}{\alpha}\right)^2 - 8\left(\frac{\gamma}{\alpha}\right)\overline{\omega^2}}$$

$\dfrac{\gamma}{\alpha} \geqq \dfrac{1}{2}$ のとき

$$g\left(\overline{\omega^2}\right) = \begin{cases} \dfrac{2K\left(K_2^2\right)}{\pi^2\left[1-\frac{4\gamma/\alpha}{1+2\gamma/\alpha}\overline{\omega^2}\right]^{\frac{1}{2}}} \ ; 0<\overline{\omega^2}<\dfrac{2}{1+\frac{2\gamma}{\alpha}}, & K_2^2 = \dfrac{\left(\frac{2}{1+2\gamma/\alpha}-\overline{\omega^2}\right)\overline{\omega^2}}{1-\frac{4\gamma/\alpha}{1+2\gamma/\alpha}\overline{\omega^2}} \\[2ex] \dfrac{4K\left(K_3^2\right)}{\pi^2\left(1-\overline{\omega^2}\right)} \ ; \dfrac{2}{1+\frac{2\gamma}{\alpha}}<\overline{\omega^2}<\dfrac{1+\frac{2\gamma}{\alpha}}{\frac{4\gamma}{\alpha}}, & K_3^2 = \dfrac{\left(\overline{\omega^2}-\frac{2}{1+2\gamma/\alpha}\right)\overline{\omega^2}}{\left(1-\overline{\omega^2}\right)} \\[2ex] \dfrac{4K\left(K_4^2\right)}{\pi^2\left[\left(\overline{\omega^2}-\frac{2}{1+\frac{2\gamma}{\alpha}}\right)\overline{\omega^2}\right]^{\frac{1}{2}}} \ ; \dfrac{1+\frac{2\gamma}{\alpha}}{\frac{4\gamma}{\alpha}}<\overline{\omega^2}<1, & K_4^2 = \dfrac{\left(1-\overline{\omega^2}\right)^2}{\left(\overline{\omega^2}-\frac{2}{1+\frac{2\alpha}{\alpha}}\right)\overline{\omega^2}} \end{cases}$$

を得ている．ここで K は第一種の完全楕円積分である．

$$K(K) = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\phi}{\sqrt{1-K^2\sin^2\phi}}$$

これらの式を前論文の §2 (6) の $C_i(\omega)$ のところに入れてやれば，2次元正方格子の横波についての格子熱伝導度を求めることができる．これの数値計算は次回に行なう予定で準備している．

References

1) 永田達郎，石崎勝典，有明高専紀要 5.（昭44-12）23,

2) 永田達郎，石崎勝典，有明高専紀要 5.（昭44-12）45,

3) W. V. Houston: Revs. Modern Phys. **20**, 161 (1948)
E. W. Montroll: J. Chem. Phys. **10**, 218(1942), 11, 481 (1943)

4) W. A. Bowers and H. B. Rosenstock: J. Chem. Phys. **18**, 1056 (1950)

送風機吸込側流れの実験的研究（その4）

清　森　宏之助

<昭和45年8月17日受理>

Experimental Study on the Flow at the Suction Side of Multi-blade Fan (Part 4)

The flow pattern at the inlet and the exit of the impeller of multi-blade fan has been almost grasped by the three previous experiments, and those results are supposed to be helpful as a standard in designing the impeller.

Now the present experimental study has been carried out in order to investigate the influence of changing the setting angle of the blades on the characteristics and the flow conditions.

In the centrifugal fan it is rather difficult to change the setting angle because of the structural matter, but the influence on fan performance is an interesting problem to inquire into when planning the design of the blade. The outcomes are as follows.

Kounosuke Kiyomori.

1. まえがき

シロッコファンの羽根車の前後における流れの状態は前3回の実験によりおおよそ解明されたが，これは設計上の一つの目安になるものと考える．

今回はこれに関連して翼の後付角をかえた場合の特性と流れの状態に及ぼす影響を調べた．一般に同一翼を異なった角度で取付けた場合，異なった風量・風圧特性をもつことは知られている．遠心送風機ではその構造上の理由から，取付角を変えることは容易でないが，しかし風量・風圧特性がどのように変化するかは設計上興味ある問題である．

流れの状態の測定は前回通り吸込側よりみて上下左右の4断面と吸込口の断面の5個所で，流量を4通りに変えておこなった．

2. 実験装置，実験方法および供試翼

実験装置ならびに実験方法は前報のものと同一である．また風量測定は特性曲線上の4点の風量すなわち全開，最高効率点，最高圧力点，失速点でおこなった．測定位置はA，B，C，D，E，F，G，H，Iの9点で5孔ピトー管を軸方向に移動して計測したことも前回と同様である．図1，2，3にその測定位置を示す．ピトー管はあらかじめ検定してある．

供試翼は前回の設計した状態を翼の取付角の基準(0°)と定め羽根車Aとした．取付角の変更は特性および流れの状態の変化がはっきりわかるように，大きく角度をかえ，基準の 0° に対して± 30° の取付角とし，+30° の方を羽根車B，−30° の方を羽根車Cとした．なほ翼の主板および側板えの取付はいずれも鋲かしめである．その他の設計諸元はA，B，C羽根車とも同一である．

たゞし，いずれの翼も性能に大きく影響を与えるのは外径D_2（翼出口径）である．一方角度を変更する場合，同一翼を用いているのでD_2とD_1（翼入口径）とを同時に合せることはできない．したがってD_2の値を同一にしたのでD_1の値はそれぞれ多少かわっている．

供試翼を図4に示す．なほ測定にあたっての yaw angle の基準面はファン軸線を含む平面をとった．またピトー管の構造上，pitch angle が45°以上の測定は不安定領域となるので，本実験ではこれ以上の角度をもつ流れの実験はおこなっていない．

3. 実験結果

供試送風機の規定回転数 1900 rpm における特性曲線を図5·6に示す．図5は風量に対する送風機全圧，軸動力，効率の曲線で，図6はこれらの無次元表示である．この場合，圧力係数 ψ には，$\psi=\dfrac{P}{\frac{\rho}{2}U_2^2}$ を流

量係数 ϕ には $\phi=\dfrac{Q}{\frac{\pi}{4}D_2^2U_2}$ を，また動力係数 λ には $\lambda=\dfrac{L}{\frac{\rho}{2}\frac{\pi}{4}D_2^2\,U_2^3}$ を用いた．したがって $L=\dfrac{PQ}{\eta}$ の関係から $\lambda=\dfrac{\phi\psi}{\eta}$ となる．

流れの状態の測定結果を図7～15に示す．これらの曲線は各測定位置における半径方向の分速度を縦軸にとって示したものである．

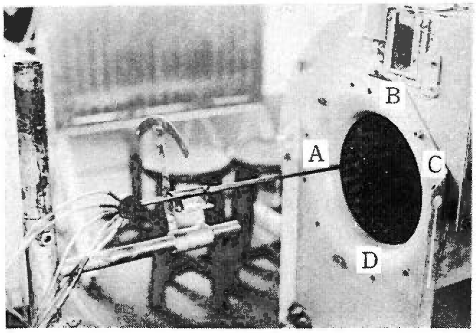


図 1

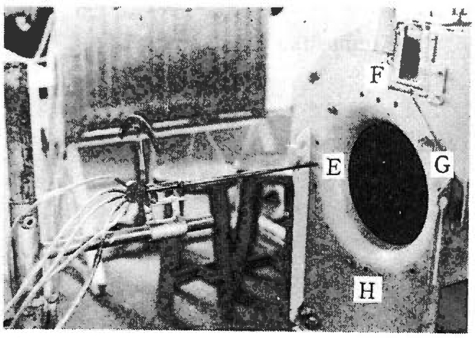


図 2

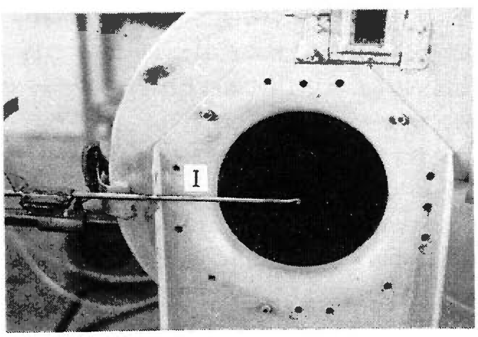


図 3

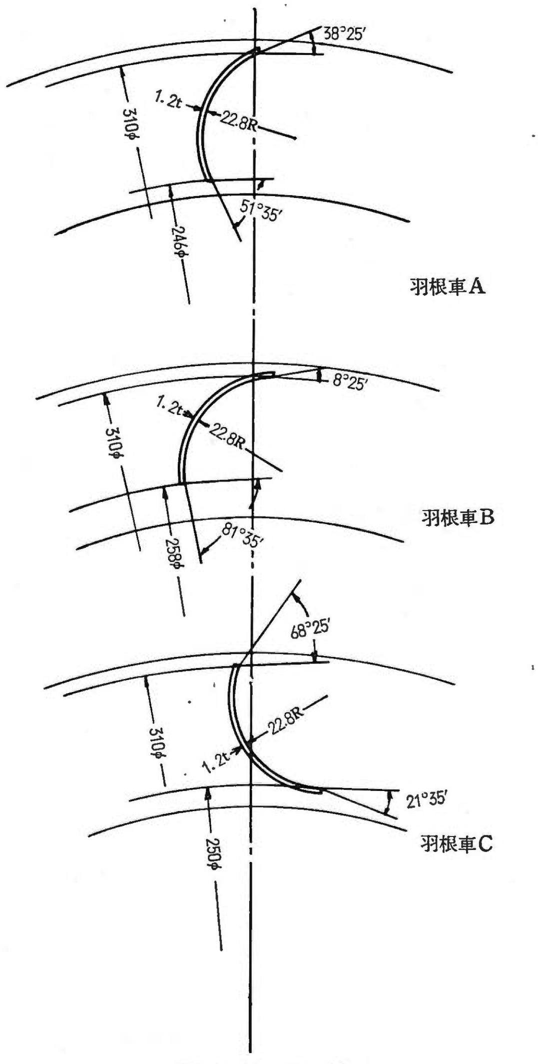


図4 供 試 翼

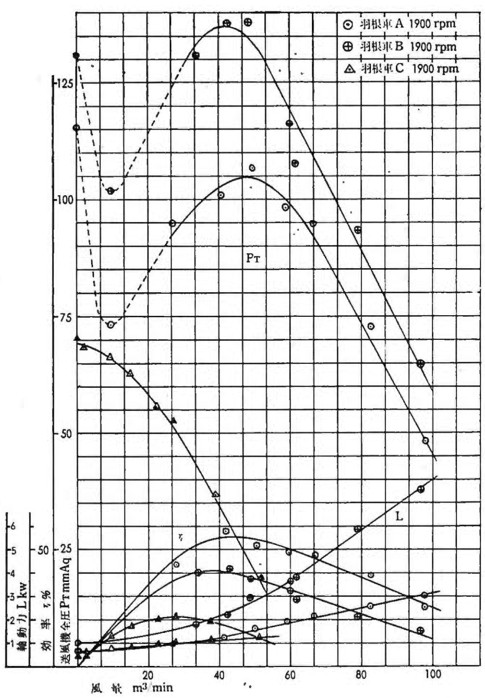


図 5 特 性 曲 線

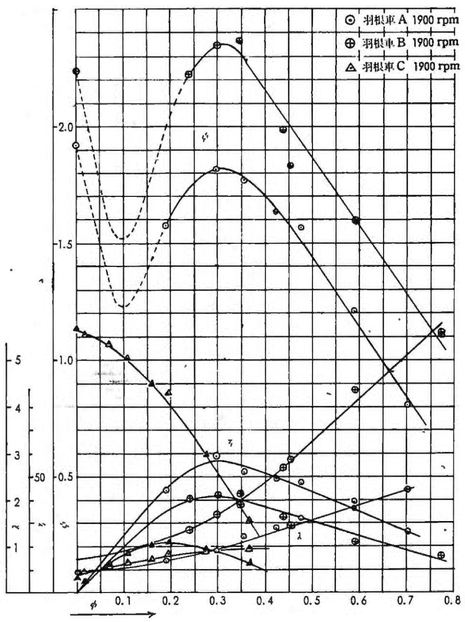


図 6 特 性 曲 線

これは測定点における動圧および pitch angle が求まり，一方 yaw angle は測定時に求まるので，半径方向分速度＝(測定点の風速)×cos (pitch angle) ×cos (yaw angle) の関係から計算することができる．また同様の整理をすると，Ｉの位置ではファンの軸線に平行なる方向の分速度を示すことになる．

つぎに羽根車出口側のファン軸線を含む平面内における流れの大きさと方向を示したものが図16～21である．軸方向の流れの分速度は（測定点の風速）×sin (pitch angle) であるから前述の半径方向分速度を縦軸とし，軸方向分速度を横軸としてあらわした．整理は羽根車A，B，CのE，F位置についてまとめ，縦横軸とも１目盛を 10m/s であらわしている．

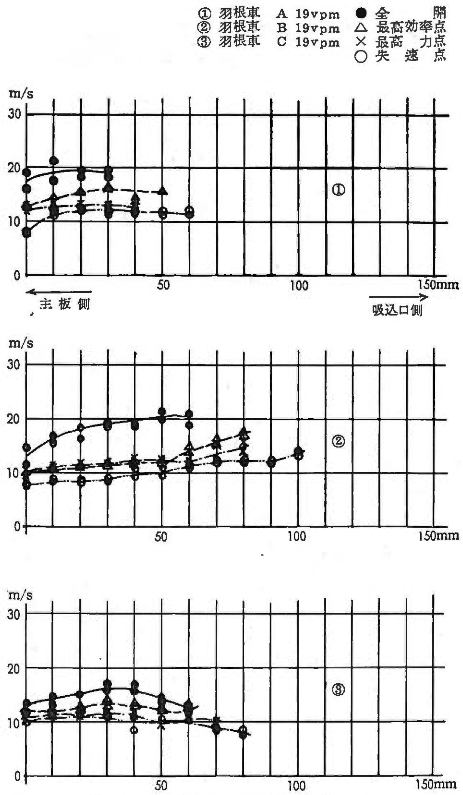


図 7　速度分布（測定位置A）

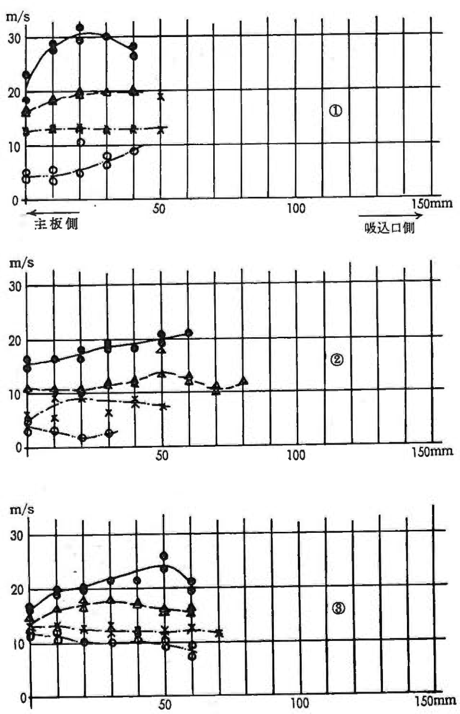


図 8　速度分布（測定位置B）

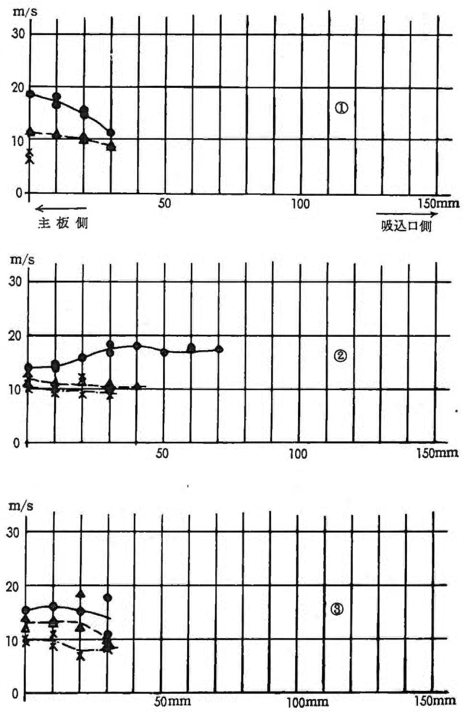


図 9　速度分布（測定位置C）

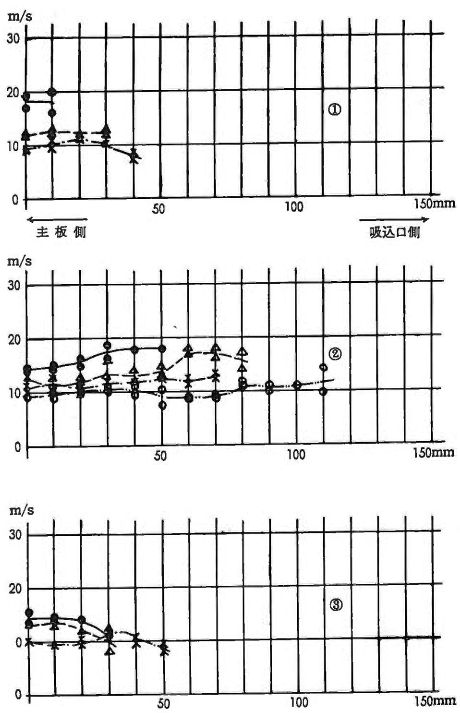


図 10　速度分布（測定位置D）

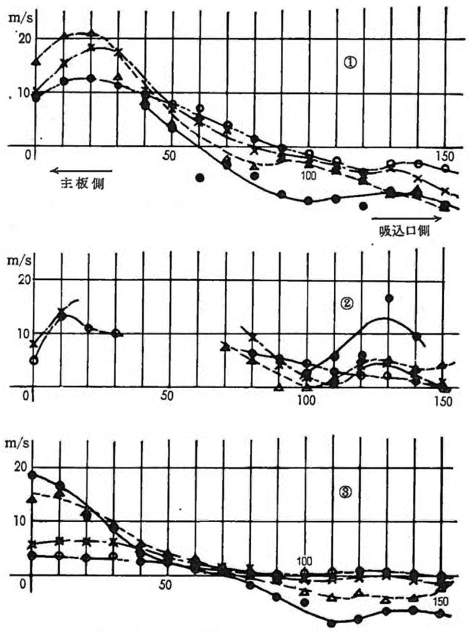


図 11　速度分布（測定位置Ｅ）

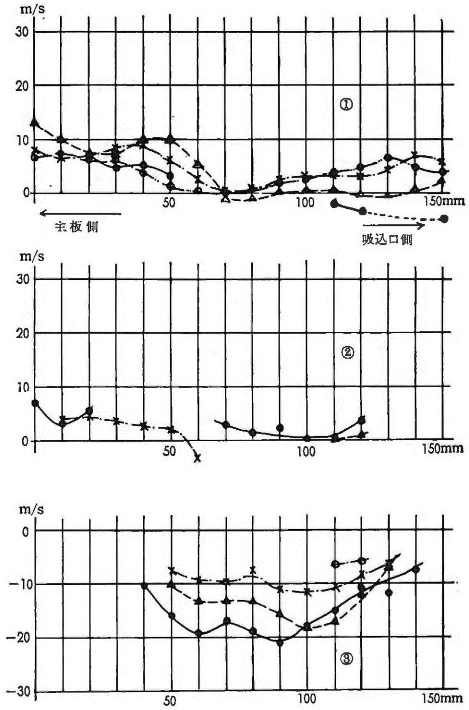


図 13　速度分布（測定位置Ｇ）

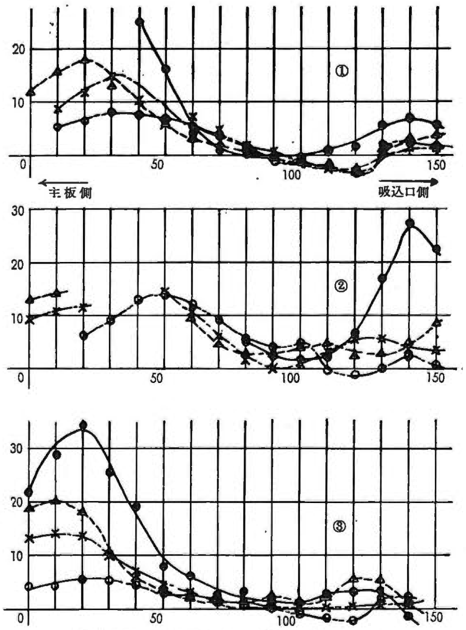


図 12　速度分布（測定位置Ｆ）

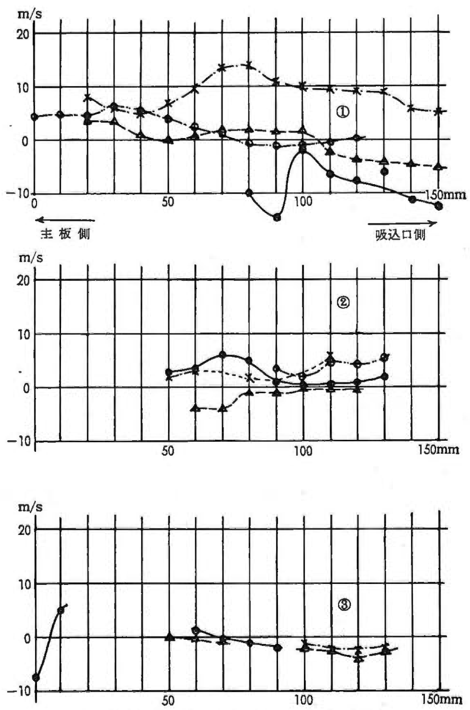


図 14　速度分布（測定位置Ｈ）

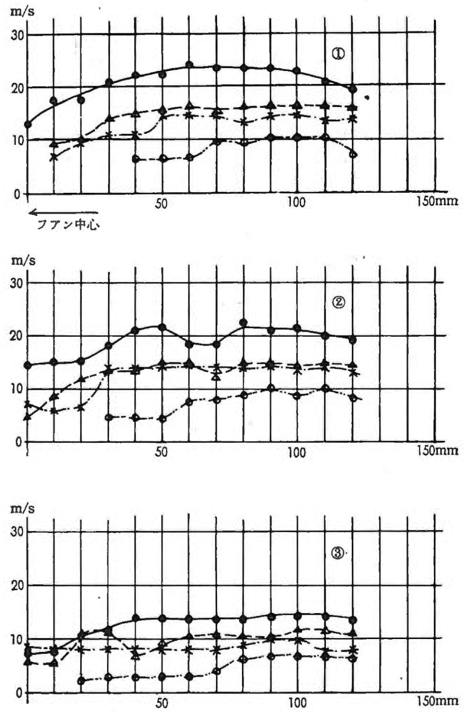


図 15　速度分布（測定位置 I）

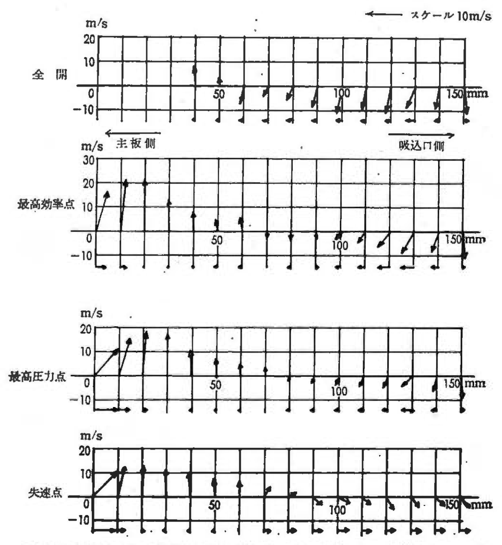


図16　速度分布(測定位置E，羽根車A，1900 rpm)

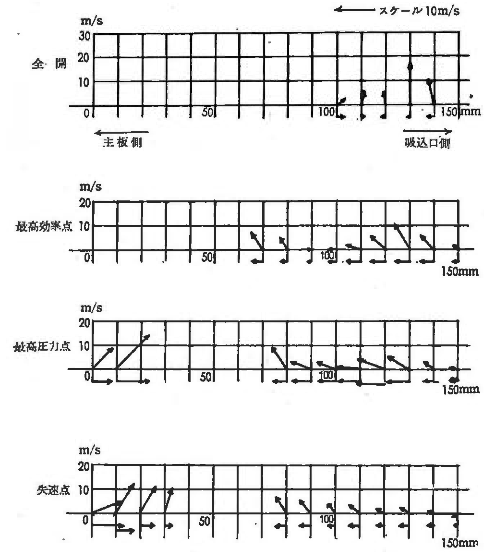


図17　速度分布(測定位置E，羽根車B，1900 rpm)

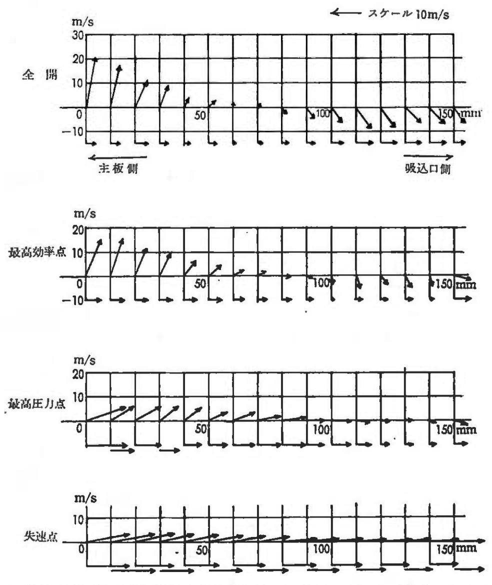


図18　速度分布(測定位置E，羽根車C，1900 rpm)

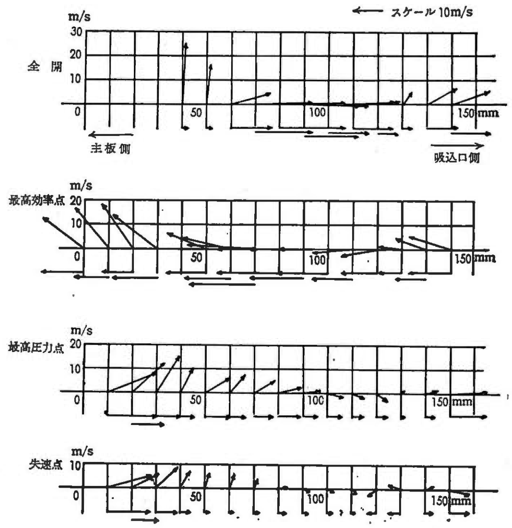


図19 速度分布(測定位置F，羽根車A，1900rpm)

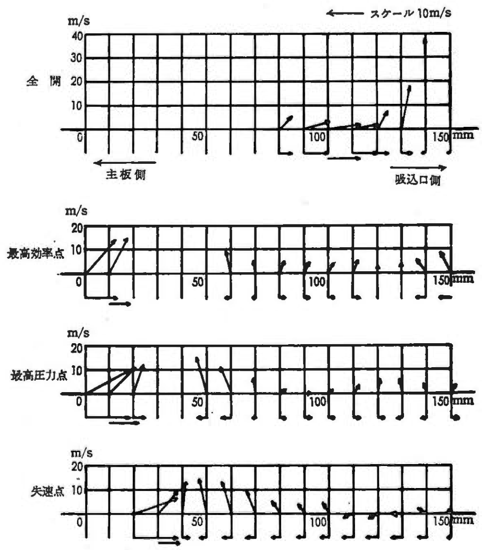


図20 速度分布(測定位置F，羽根車B，1900rpm)

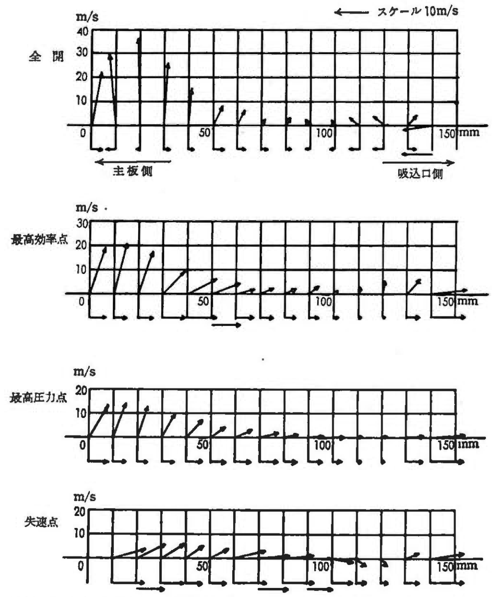


図21 速度分布(測定位置F，羽根車C，1900rpm)

測定位置	羽根車 C			
	全開	最高効率点	最高圧力点	失速点
A	15°	16°	14°	13°
B	10°	6°	4°	-8°
E	60°	59°	61°	67°
F	43°	52°	60°	70°

測定位置	羽根車 A			
	全開	最高効率点	最高圧力点	失速点
A	20°	13°	7°	3°
B	0°	-10°	-15°	-31°
E	測定不能	64°	68°	73°
F	測定不能	68°	66°	73°

図 22

4. 圧力計効率 η_M およびすべり係数 μ について

通常送風機を設計するには，η_M および μ を仮定しなければならぬ．羽根車A(前回の報告では羽根車Bとしている．)の測定結果を用いてこれらの値を逆算することにする．この羽根車Aの仕様は風量 75m^3/min，送風機全圧 85mmAq である．デイフユーザをも含めた遠心送風機の圧力計効率 η_M(1) はつぎのようになる．

$$\eta_M = 1 - \frac{\eta_M}{\phi}\left[(\zeta_b + \zeta_f)\frac{\phi^2}{16\,k_b^2\,\nu^4} + \zeta_f\nu^2 + \zeta_D\frac{\phi^2}{4\mu^2\,\eta_M^2}\right]$$

こゝで ζ_f: 羽根車の形状抵抗および摩擦損失係数

ζ_b: 翼入口曲りの損失係数

ψ: 圧力係数 $\dfrac{P}{\dfrac{\gamma}{2g}U_2^2}$

ϕ: 流量係数 $\dfrac{Q}{\dfrac{\pi}{4}D_2^2U_2}$

k_b: $\dfrac{\text{羽根入口巾}}{\text{入口直径}}$ $\dfrac{b_1}{D_1}$

ν: 内外径比 $\dfrac{D_1}{D_2}$

ζ_D: 渦形室での損失係数

上記方程式の内，η_M, μ 以外の数値は回転数と設計の諸元がきまればおのずから定まり，また経験的に定め得る値であるから，回転数 1900rpm のとき $\phi=0.536$, $\psi=1.46$ となり，$\nu=\dfrac{246}{316}=0.794$, $\zeta_b=0.1$, $\zeta_f=0.2$, $\zeta_D=0.25$ とおき，また翼の入口有効巾を50%と仮定すれば $k_b=\dfrac{0.5b_1}{D_1}\equiv 0.5\times150/246=0.304$ であるから，これらの値を上式に代入すると，η_M の値はつぎのようになる．

$$\eta_M=1-\frac{\eta_M}{1.46}\left[0.2731+\frac{0.134}{\mu^2\eta_M{}^2}\right]$$

前回の実験の通り，羽根車 A を 1900*rpm* で運転したとき，性能の風量 $75m^3/min$, 送風機全圧 $85mmAq$ が得られる．設計に用いた関係式 $Cu_2=2U_2$ (U_2: 翼出口側周速，Cu_2: 翼出口側の絶対速度の円周方向分速度）により羽根数が無限大のときの流体の全圧上昇 $Pth\infty$ を求めると，

$$Pth\infty=\frac{P}{\eta_M\mu}=\frac{\gamma}{g}U_2Cu_2=2\frac{\gamma}{g}U_2^2 \text{ の関係より}$$

$$\eta_M\mu=\frac{P}{2\dfrac{\gamma}{g}U_2^2} \text{ となる．}$$

こゝで $P=85mmAq$, $\dfrac{\gamma}{g}=0.1225\dfrac{kg\,s^2}{m^4}$, $U_2=\dfrac{1}{60}\times\pi\times0.31\times1900=30.8m/s$を代入すれば，$\eta_M\mu\cong0.37$ となる．したがって前記の方程式とこの式より η_M および μ の値を求めると，$\eta_M=0.538$, $\mu=0.688$となる．

Eck[(2)] は翼通過時の流れの剝離をも考慮した場合の μ の値をつぎのように導いた．

$$\mu=\frac{1}{1+\dfrac{1.5+\dfrac{1.1\times\beta_2^0}{90}}{2z\left(1-\dfrac{r_1}{r_2}\right)}}$$

たゞし，この式は羽根巾 b×半径 $r=Const$ の場合で羽根車Aに正確には適用されないが，およその見当をたてるために用いることにする．こゝで $\dfrac{r_1}{r_2}=\dfrac{D_1}{D_2}=\dfrac{246}{310}$, z (羽根数)$=36$, β_2 (翼の出口角)$=180°-38°25'=141.68°$ であるから，これらの値を代入すれば $\mu\cong0.8$ となり，前述の逆算値 μ の値より多少大きめにでてくる．

5. あとがき

1．羽根車Aの設計の際の仮定として，前回 $\eta_M\mu=0.737$ の値をえたが，翼流入時の剝離，流体が翼に沿って流出し得ない等を考慮して $\eta_M\mu=\dfrac{1}{1.5}$ として設計をおこなった．前述のデイフユーザをも含めた送風機の圧力計効率 η_M の式よりわかるように，η_M は μ の関数となっている．つまり μ の値を仮定しなければ，η_M の値は求めえない．そこで $\mu=1$ という大体の仮定で η_M を求めたことに問題があった．したがってこれより求めた回転数 1420 *rpm* では性能が得られず，実際では 1900 *rpm* で性能を達している．そこで前述のように，μ を仮定せずに $\eta_M\mu$ の値を 1900 *rpm* の実験結果より求め，これと圧力計効率 η_M の式を連立して逆算した方が，この場合合理的であり，それによって計算された η_M と μ とはそれぞれ信頼性があると考えられる．

しかしながら，この値はこの送風機の場合の値で，一般多翼送風機ではこれらがいかなる範囲にあるかは多くの実験をまたなければならぬ．

2．特性曲線からわかるように，設計状態の供試翼Aが最も効率が高く，この翼の取付角を $+30°$（羽根車B), $-30°$（羽根車C）にしたものは，いずれも軸動力が相対的に大きく，効率が低下している．また締切点の圧力が軸流送風機の場合と異なって，取付角を負にした方が逆に下っているが，右下りの風量，風圧特性をもち，失速点がはっきり現われないのは軸流の場合と一致する．なほ羽根車 A と B とでは取付角に 30° の差があるにも拘らず，最高圧力点と失速点の風量領域には殆んど差が認められなかった．一般に軸流送風機では翼の取付角度を変更すると，設計点近傍で風圧があまり変らず風量が増減するが，羽根車 A, B からわかるように風量は変らず，逆に風圧が増減している．したがってもし効率の低下を無視して使用するとすれば，角変を変えて風圧を上昇せしめることができる．

3．吸込側測定位置における半径方向の分速度は図示のように主板近くでは羽根車 A, B, C ともほゞ一様で，吐出し側位置では乱れが激しい．しかしいずれの翼も主板に近い方が正の流れ（外向き)，ベルマウス側では負の流れ（内向き）となっており，翼の吐出し側では渦を生じている．

4．羽根車の流入，流出の yaw angle を特に羽根車 A と C において，吸込側の位置 A, B に対応する吐出し側の位置 E, F の4断面について調べた．その一覧表を図22に示す．実験では測定不可能な領域が多いので，測定点の多い主板側の測定値4個所の平均値を示した．

一覧表中の数値は A, B では流入角，E, F では流出角に相当するが，角度の基準面はいずれも測定点とフアン軸線を含む平面で，時計方向の回転角を＋，反時計方向を－とする．この表よりわかるように，吸込側の位置 A, B において風量が少くなるにつれて yaw angle が正より負となる．つまり翼の取付角度に対する流体の流入角，すなわち迎え角は逆に大きくなり，これは軸流翼の場合と一致する．なほ羽根車 A では流体が半径方向に流入するように設計されているにもかゝわらず，実際の流れの状態をみると測定位置によって，必ずしも設計と一致していない．

つぎに流体の翼流出後の絶対速度と切線方向のなす角を α，翼出口側の半径方向の平均流速を Cm_2 とすれば，設計条件よりつぎのように導かれる．

$$\tan\alpha=\frac{Cm_2}{Cu_2}=\frac{U_1}{2U_2}=\frac{1}{2}\frac{D_1}{D_2}=\frac{1}{2}\frac{246}{310}=0.397$$

すなわち $\alpha=21°40'$ となる．この角度を yaw angle におきかえると，yaw angle$=90°-21°40'=68°20'$ となり，これを表の羽根車 A の最高効率点で64° 乃至 68° であるから，主板近くでは設計値にかなり近い流れをしている．

最後に本実験にあたり，終始御懇切な指導を賜わりました九州大学生井教授並びに実験と資料の整理に熱心な協力をされた学生諸君に厚く御礼申し上げます．

参　考　文　献

(1)(2)　生井武文著: 遠心軸流送風機と圧縮機

薄膜抵抗計算法と電極間抵抗の双対関係について

辻　　一　夫

<昭和45年10月31日受理>

On the calculation of distributed thin film resistance and the dual relation of resistance between two tabs.

This paper presents an approximate method to calculate the resistance of rectangular thin film with three tabs.

In the followings the author presents a method to represent the effect of neglected tab by the correction factor, which reduces to zero for smaller size of terminal, by the use of Bartlett's bisection theorem.

It was proved that, for some conditions, this method is very simple and enables to calculate directly the dimension of tabs for the given value of desired resis tances.

Kazuo Tsuji

1. まえがき

最近薄膜抵抗は安定した材料の開発や，その信頼性，部品の小型化，製作の容易さ等の利点により注目されている．筆者は先に適当な分割を施すことにより各電極間の等価抵抗が実用上充分な精度で計算できることを示した[1]．こゝに示す一電極省略抵抗計算法はDow氏の方法[2]を簡単化したものと考えられるが後で簡単に省略電極の補正ができ充分な精度が得られる．また薄膜抵抗計算上便利な関係式を見出したので合せて示す．

2. 計　算　法

図1に示す2種類の電極配置について考察する．図1(b)の等価回路のコンダクタンス g_1'，g_2'，g_3' は後に述べる双対関係により $a=a'$，$b=b'$ $c=c'$，$h=h'$ の場合図1(a)の等価回路の抵抗 r_1，r_2，r_3 と次式の関係にある．

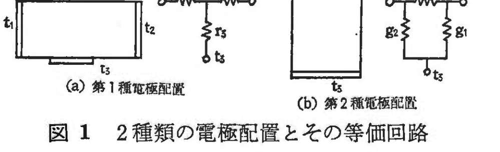


図 1　2種類の電極配置とその等価回路

$$r_i/g_i=\rho^2,\ i=1,\ 2,\ 3 \tag{1}$$

こゝで ρ は面積抵抗 (Ω/sg)．よって以下図1(a)の電極配置について考察すれば充分である．

さて，左右対称な回路網 N ではバートレットの2等分定理により影像インピーダンス z_0 は

$$z_0^2=z_f z_s \tag{2}$$

なる関係式が成立する．こゝで z_s は図2の端子 t_1，t_2，…t_n を短絡，z_f は t_1，t_2，…t_n を開放したときの端子1−1′のインピーダンスである．ところで端子 ij 間の抵抗は z_s ($n\to\infty$) と考えられるので図1(a)の等価抵抗は

$$r_i+r_j=z_{0ij}^2/z_{fij} \tag{3}$$

として求められる．こゝで z_{0ij}，z_{fij} はそれぞれ端子 i，j よりみた影像インピーダンス，及び開放インピーダンス．以下の計算には $\rho=1$ として幾何抵抗を求めることにする．

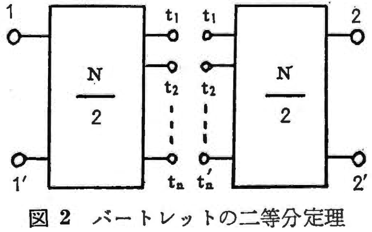


図 2　バートレットの二等分定理

<2-1> r_1+r_2 の計算　　図1(a)より z_{f12} は電極 t_3 を取去ったものであるからただちに

$z_{f12}=(a+b+c)/h$ （4）

となる．z_{012}は図3（a）の t_1，t_2 間の抵抗であるがこの値は厳密には求められないので図3（b）で近似する．

ところで図3（b）の省略電極 t_3 の近傍の電流分布は t_1，t_2 間を流れる電流が一定であれば a，b の値にはあまり関係しないと考えられる．そこで a，$b\to\infty$ とすれば

$$[z_{f12}-z_{012}]_{a,\ b\to\infty}=\varDelta R_1 \qquad (5)$$

$$\varDelta R_1=\frac{4}{\pi(d^2-1)},\quad \frac{\pi c}{2h}=\frac{2d}{d^2-1}+ln\,\frac{d+1}{d-1} \qquad (6)$$

$d\geqq 1$ では

$$\varDelta R_1=\frac{\pi}{16}\left(\frac{c}{h}\right)^2 \qquad (7)$$

となる（附録参照）．$c/h<1$ では $\varDelta R_1$ は（7）式で計算しても大きな違いは生じない．（3）式より

$$r_1+r_2=\frac{Z_{012}^2}{Z_{f12}}\fallingdotseq\frac{(z_{f12}-\varDelta R_1)^2}{z_{f12}} \qquad (8)$$

$\varDelta R_1/z_{f12}\ll 1$ では

$$r_1+r_2\fallingdotseq Z_{f12}-2\varDelta R_1=\frac{1}{h}(a+b+c)-\frac{\pi}{8}\left(\frac{c}{h}\right)^2 \qquad (9)$$

としてよい．

＜2-2＞ r_1+r_3，r_2+r_3の計算　図5（a）をより z_{013} は厳密に計算できないので図5（b）で近似すれば

$$\left.\begin{aligned} z_{013}&=\frac{K'}{K}=\frac{1}{\pi}\,ln\,\frac{1}{q}\\ q&=l+2l^5+15l^9+150l^{13}+1707l^{17}+\cdots\cdots\\ l&=\frac{1}{2}\,\frac{1-\sqrt{k'}}{1+\sqrt{k'}},\quad k'=\frac{tanh\ \pi a/2h}{tanh\ \pi(a+c)/2h}\end{aligned}\right\} \qquad (10)$$

となる．$l\ll 1$ では

$$Z_{013}=0.4413+a/h-0.3183\,ln\,(1-e^{-\pi b/h}) \qquad (11)$$

と近似できる．ところで図5（b）の点線近傍の電流分布は a の値にはあまり関係しないと考えられるので，a を無限大とすれば

$$[Z_{f13}-Z_{013}]_{a\to\infty}=\varDelta R_2 \qquad (12)$$

$$\varDelta R_2=-\frac{1}{\pi}\,ln\,\{1-e^{-\pi(2a+c)/h}\} \qquad (13)$$

$$r_1+r_3=\frac{Z_{013}^{\ 2}}{Z_{f13}}\fallingdotseq\frac{Z_{013}^{\ 2}}{Z_{013}+\varDelta R_2} \qquad (14)$$

$\varDelta R_2/Z_{013}\ll 1$ では

$$r_1+r_3\fallingdotseq Z_{013}-\varDelta R_2=\frac{K'}{K}-\varDelta R_2 \qquad (15)$$

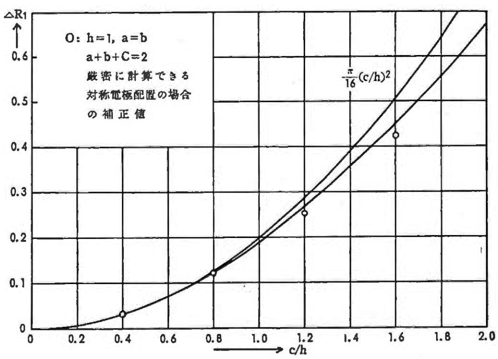
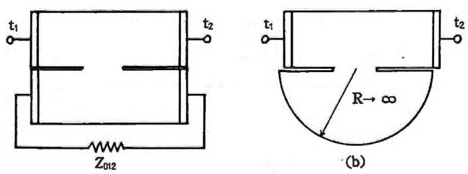
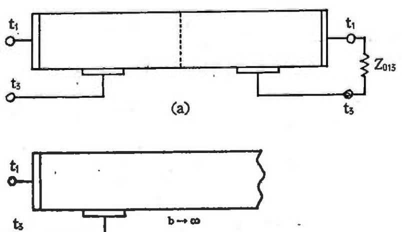


図 4　$\varDelta R_1$ の計算



(a)　(b)

図 3　Z_{012} の近似計算



(a)　(b)

図 5　Z_{013} の近似計算

r_2+r_3 は a と b が入換るだけである．(7) 式，(11) 式が成立する範囲では

$$r_3=0.4413-0.5\left(\frac{c}{h}\right)+0.1964\left(\frac{c}{h}\right)^2-0.3183\ ln\ (1-e^{-\pi c/h}) \tag{16}$$

となり望みの r_1, r_2, r_3 となるように a/h, b/h, c/h を計算できる．

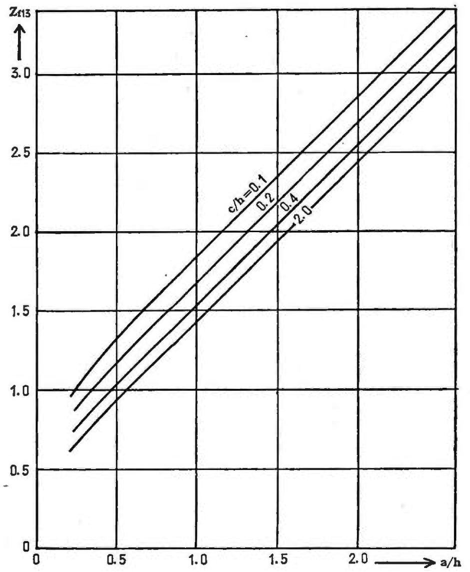


図 6 Z_{f13} (Z_{f23}) の 計 算

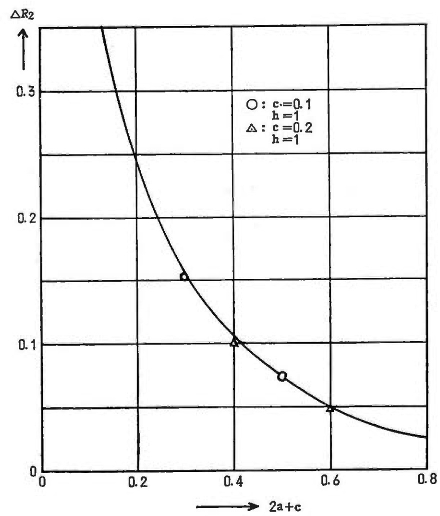


図 7

<2-3> 双対関係 面積抵抗一様な薄膜抵抗周辺に $n(\geq 2)$ 個の電極を配置し，その中の任意な電極 $(i \neq j)$ を選び i, j にはさまれる薄膜周辺を c_1, c_2 と名付ける．つぎに電極を取去り電極のついていない周辺に電極を取付ける．このようにして新たに生じた c_1, c_2 上の電極をそれぞれ短絡し端子 i', j' ができる．i–j 間の抵抗を R, i'–j' 間の抵抗を R' とすれば

$$RR'=\rho^2 \tag{17}$$

なる関係式が成立する．(図 8 参照)

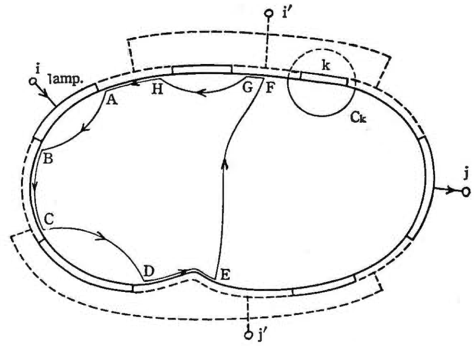


図 8 双 対 関 係 の 説 明

(証　明)

電極 i–j 間に単位電流を流した場合，電位関数を u, 流線関数を v とすれば抵抗膜面内で

1) $\nabla^2 u=0$, $\nabla^2 v=0$

を満足し，u, v は直交している．ところで電極の付いている周辺を c, そうでない部分を c' とすれば c 上で

2) $\dfrac{\partial u}{\partial t}=0$, $\dfrac{\partial v}{\partial n}=0$

c' 上で

3) $\dfrac{\partial u}{\partial n}=0$, $\dfrac{\partial v}{\partial t}=0$

となっている．こゝで n, t はそれぞれ膜周辺の法線方向，接線方向を与える．また電流源は電極 i, j に限られるから任意の電極kを含む閉曲線を c_k とすれば

4) $\oint_{Ci} \nabla v \cdot dl=1$, $\oint_{Cj} \nabla v \cdot dl=-1$

5) $\oint_{Ck} \nabla v \cdot dl=0$, $k \neq i$, j

である．抵抗膜の絶縁が完全であれば，抵抗膜面以外で $v=0$ となる．以下絶縁は完全とする．つぎに図 8 の閉曲線 $ABCDEFGHA$ で次の積分を考えると，この閉曲線は電流源を含まないから

$$\oint_{ABCDEFGHA} \nabla v \cdot dl=\int_{AB}+\int_{BC}+\int_{CD}+\int_{DE}+\int_{EF}$$
$$+\int_{FG}+\int_{GH}+\int_{HA}=0$$

3) より

$$\int_{BC}=\int_{DE}=\int_{FG}=\int_{HA}=0$$

5) より

$$\int_{CD}=\int_{GH}=0 \quad \therefore \int_{AB}+\int_{EF}=0$$

4) より

$$6)\quad \int_{AB}\nabla v\cdot dl=\int_{FE}\nabla v\cdot dl=1$$

これより任意の等電位線（電極を除く）に沿う次の積分は1となる．

$$7)\quad \int_{(i)}^{(j)}\frac{\partial v}{\partial s}{}'ds'=1$$

こゝで ds' は等電位線に沿う微小線素．電極 i–j 間の電圧降下は i–j 間の抵抗に等しく

$$8)\quad R=\int_{(i)}^{(j)}\frac{\partial u}{\partial s}ds=\int_{(i)}^{(j)}\rho\frac{\partial v}{\partial s'}ds$$

こゝで ds は流線に沿う微小線素．ρ は面積抵抗．

さて，電極を入換えれば条件 2)，3) は逆となり，5) はもとの電極 k をはさむ電極間の電位差が 0，即ち短絡を意味する．そこで新たに生じた電極を図8のように接続し端子 i'–j 間に電圧を印加すれば u と v が入換ることがわかる．7) は i'–j' 間に単位電圧を印加したことを意味する．このとき電極 i' より流出する全電流はコンダクタンス G' となり

$$G'=\int_{(i)}^{(j)}\frac{\partial u}{\partial s}ds=\int_{(i)}^{(j)}\frac{1}{\rho}\frac{\partial v}{\partial s}ds=\frac{1}{\rho^2}\int_{(i)}^{(j)}\rho\frac{\partial v}{\partial s'}ds$$

$$=\frac{R}{\rho^2}$$

$$\therefore\ RR'=\rho^2,\ R'=1/G'$$

（証明終り）

3. む　す　び

ΔR_1，ΔR_2 の補正式は，正確に計算できる電極配置の薄膜抵抗を計算し逆に補正値を求め確めた．その結果は図4，図7に示す通りである．これより ΔR_2は $(2a+c)/h<0.4$ では 0.1 以下となり実用的な電極寸法ではあまり問題にならない．

(16) 式を具体的に計算してみると，r_3 が大きいと c が極端に小さくなり t_3 近傍に電流が集中し好ましくない．これより第1種電極配置では r_1，$r_2>r_3$ となる場合に有効である．

文　　献

(1) 辻: 有明高専紀要，第5号 71頁 (1969)

(2) R. J. Dow: IEEE Transaction on Component Parts, 147 (1964)

付　　録

<(6)式の誘導>

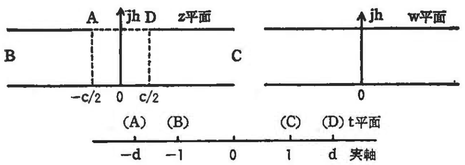


図 A−1　等角写像とその対応関係

Z 平面より t 平面上半分への写像関数は

$$Z=\frac{h}{\pi}\ ln\frac{t+1}{t-1}+jh+\frac{2h}{\pi}\ \frac{t}{d^2-1}$$

$a=0$ の場合は

$$Z'=\frac{h}{\pi}\ lu\frac{t+1}{t-1}+jh$$

これより

$$[Z_{j12}-Z_{012}]_{a,b\to\infty}=\frac{1}{h}\left[(Z-Z')_{t=1}-(Z-Z')_{t=-1}\right]=\frac{4}{\pi(d^2-1)}$$

d と a は次式の関係にある

$$\frac{\pi a}{2h}=\frac{2d}{d^2-1}+ln\frac{d+1}{d-1}$$

<(13) 式の誘導>

Z 平面より t 上半平面へ，Z' 平面より t' 上半平面への写像関数はそれぞれ

$$Z=\frac{h}{\pi}\ lnt,\ Z'=\frac{2h}{\pi}\ ln\left(\sqrt{t'}+\sqrt{t'-1}\right)$$

さらに w，w' 平面へ次の変換を行えば

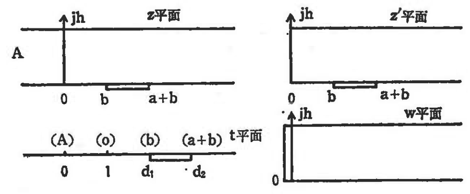


図 A−2　等角写像とその対応関係

$$w=\frac{2}{\pi}\ ln\frac{\sqrt{t-d_1}+\sqrt{t-d_2}}{\sqrt{d_2-d_1}}\ ,\ w'=\frac{2}{\pi}\ ln\frac{\sqrt{t-d_1'}+\sqrt{t-d_2'}}{\sqrt{d_2'-d_1'}}$$

こゝで $B=\pi b/2h$, $A=\pi a/2h$ とすれば

$$d_1 = e^{2B}, \qquad d^2 = e^{2(B+A)}$$

$$d_1' = csh^2\ B, \qquad d^{2'} = csh^2\ (B+A)$$

$x\to\infty$ で $t'/t\to 1/4$ となるから

$$\varDelta R_2 = [w' - w]_{x\to\infty} = \frac{1}{\pi}\ ln\ \{1-e^{-2(2B+A)}\}$$

Ba系フェライトのマイクロ波損失

小　沢　賢　治

<昭和45年10月29日受理>

Character of the Ba Ferrite in the microwave abstract

If the complex magnetic permeabilities of the ferrite, μ_r' and μ_r'', satisfy the conditions, $\mu_r'' \gg \mu_r'$ and $\mu_r'' \propto \frac{1}{f}$, this ferrite can be used as an absorbert of the electric magnetic wave.

In the ferrites which the present writer made under some sorts of condition, there were the ferrites which tend to satisfy the condition, $\mu_r' \gg \mu_r'$.

Kenzi Ozawa

1. まえがき

従来の導波管用電波吸収体は，ベーク板等の絶縁物にカーボン等の抵抗材料を塗り，その原理は抵抗材料のオーミック損失を利用したもので，その欠点として吸収体の寸法が大きくなることが挙げられる．

一方，吸収体として，次に述べるようなフェライトの共鳴等の損失機構を利用すると，非常に小型の電波吸収体が得られる可能性がある[1]．

図1に示すように，矩型導波管にフェライトを，その面が電波の進行方向と直角の関係になるように，挿入すると，正規化入カインピーダンス $\dot{Z}$ は，式（1）となる．

$$\dot{Z}=\sqrt{\frac{\dot{\mu}_r}{\dot{\varepsilon}_r}}\cdot tanh\left(j2\pi\sqrt{\dot{\mu}_r\,\dot{\varepsilon}_r}\cdot\frac{d}{\lambda}\right) \qquad (1)$$

ただし　$\dot{\mu}_r$; フェライトの複素比透磁率

$\dot{\varepsilon}_r$; フェライトの複素比誘電率

式（1）において，式（2）が成立すると，式（1）．は式（3）となる．

$$\left|i\,2\pi\sqrt{\dot{\mu}_r\,\dot{\varepsilon}_r}\cdot\frac{d}{\lambda}\right|\ll| \qquad (2)$$

$$\dot{Z}\fallingdotseq j2\pi\,(\mu_r''+j\mu_r')\,\frac{d}{\lambda} \qquad (3)$$

フェライトが，吸収体として働くためには，式（4）が成立することが必要である．

$$\dot{Z}=1 \qquad (4)$$

従って，式（3），（4）より

$$\mu_r''=\frac{\lambda}{2\pi d} \qquad (5)$$

$$\text{かつ}\quad \mu_r''\gg\mu_r' \qquad (6)$$

式（2）が十分満足されるためには，μ_r'' の値ができるだけ大きいことが，必要である．

普通のフェライトでは，共鳴等に因る μ_r'' は高々数百 M_{HZ} でピークを示すが，フェロクス・プレーナーには，マイクロ波領域においても μ_r'' のピークを示す可能性が残されている[2]．そこで，フェロクス・プレーナーの一種である $C_{o2}Z$ の組成のものに着目して，それと同じ組成をもつフェライトを，条件を変えて数種作りその複素比透磁率 $\dot{\mu}_r$ を測定し更に検討した．

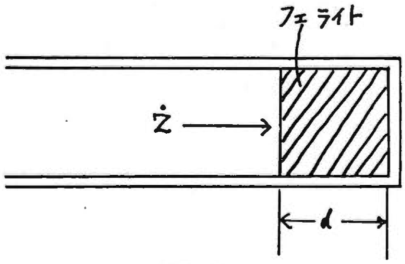


図 1

2. 試料の製法

B_aCO_3，$2C_0CO_3\cdot 3C_0\,(OH)_2$，$F_{e2}O_3$ を，$B_{a3}C_{02}Fe_{24}O_{41}$ と同じ組成となるように秤量し，図2の方法で試料を作る．

図2において

混合・粉砕は，いずれもボールミル粉砕機で10時間行った．圧縮は，いずれも，1.5〔ton/cm²〕，仮焼は，いずれも，空気中，1300〔℃〕，1時間である．また1，2 仮焼後の冷却は，いずれも炉内で冷却した．

本焼は，雰囲気が空気の場合，および酸素を過剰に含んだ空気の場合の２っの場合について，最高温度が，1250〔℃〕，1350〔℃〕，1450〔℃〕の３つについて，それぞれ，30分間行い，６種類の試料を得る．１種類の試料は２個ずつ作る．

本焼後の冷却は，試料の温度が 700〔℃〕になるまでは，炉内で冷却し，それ以後は，２つの方法に分けて行った．即ち，本焼仮程を終了した段階において，同一条件下で作られた試料が２個ずつ，それが６種類計12個ある．そのうち条件の互いに異なる６個の試料については，それぞれの本焼時の雰囲気と同一の雰囲気中で，磁束密度 1.5〔Kgauss〕を印加して，常温近くまで徐々に，冷却した．残りの６種類については，磁界をかけず，それぞれの本焼時の雰囲気と同一の雰囲気中で，徐々に，常温近くまで冷却した．

以上の方法により，条件が互いに異る12個の試料を得て，最後に，グライダー等により，試料が導波管に込るように整型する．このようにして得られた試料に表 1，2 に示す記号をつける．

尚，最終焼成時の，時間と炉内温度との関係を図３に示す．

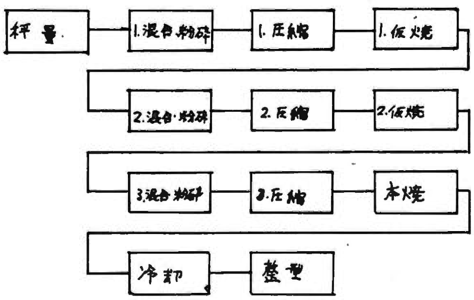


図 2

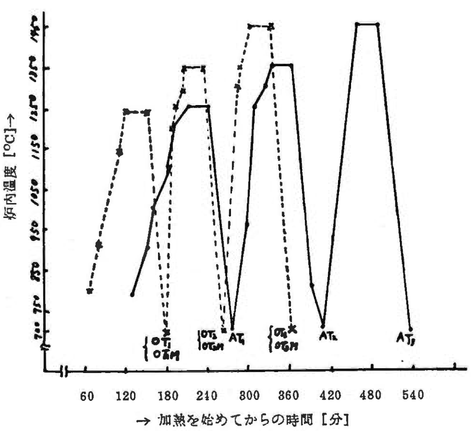


図 3

表 1 冷却時磁束密度Ｂ＝０

		最終焼成温度〔℃〕		
		1250	1350	1450
雰囲気	過剰の酸素を含んだ空気	OT_1	OT_2	OT_3
	空気	AT_1	AT_2	AT_3

表 2 磁束密度Ｂ＝1.5〔Kgauss〕

		最終焼成温度〔℃〕		
		1250	1350	1450
雰囲気	過剰の酸素を含んだ空気	OT_1M	OT_2M	OT_3M
	空気	AT_1M	AT_2M	AT_3M

3. $\dot{\mu}_r$ の測定方法

図４に示すように，試料を矩型導波管に挿入すると，試料前面における正規化入カインピーダンス Z_s，Z_o は，式（７）で表わされる[8]．

$$\left.\begin{aligned} Z_s &= Z_d \tanh \gamma d \\ Z_o &= Z_d \coth \gamma d \end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

ただし　Z_s; 試料後面を矩絡したときの正規化入カインピーダンス

Z_o; 試料後面から，$\lambda_g/4$ だけのところを短絡したときの正規化入カインピーダンス

γ; 試料内での，電磁波の伝播定数で式（８）で表わされる．

$$\gamma = \frac{2\pi\sqrt{(\lambda/\lambda_c)^2-(\varepsilon'-j\varepsilon'')(\mu'-j\mu'')}}{\lambda} \qquad (8)$$

Z_d; 試料充てん部分の導波管の正規化特性インピーダンスで，式（９）で表わされる．

$$Z_d = \sqrt{\frac{-(\lambda/\lambda_c)^2}{(\varepsilon'-j\varepsilon'')-(\lambda/\lambda_c)^2}} \qquad (9)$$

式（８），（９）における λ_c は，導波管の遮断周波数である．

式（７）において，$tarh^{-1}\gamma d$，$coth^{-1}\gamma d$ は多価関数であるので，一組の Z_s，Z_o によっては，μ_r'，μ_r'' の値を決定できないので，試料の長さ d を変えて，２

組の Z_s, Z_0 を測定し，式（5）を使って，μ_r' および μ_r'' を求めた．尚，測定周波数は X バンドで，測定電力は 10 mw 以下である．測定回路は，図5である．また，冷却時に磁界 H を印加した試料の測定は，H とマイクロ波磁界とが直角の関係になる場合について行った．

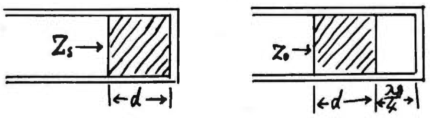


図 4

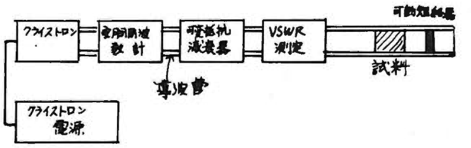


図 5

4. 測定結果及び検討

雰囲気および冷却条件が同一の試料のもつ μ_r' および μ_r'' をそれぞれ点で結ぶと図6のようになる．

（1） AT_nM と AT_n $(n=1,\ 2,\ 3)$ の μ_r'' を比較すると，冷却時に磁界が存在する場合の方が，μ_r'' の値は大きくなっている．これは次のように考えられる．直流磁界と交流磁界とが互に直角の関係になるようにフェライト内のスピンに働いて，スピンが交番磁界によって共鳴する場合の力関係は，式（10）になる[(4)]．（図7参照）

$$-\gamma\mathbf{M}\times\mathbf{h}=-\frac{\lambda}{M^2}\mathbf{M}\times(\mathbf{M}\times\mathbf{H}) \qquad (10)$$

$$\therefore\ \ \sin\theta=\frac{\gamma Mh}{\lambda H} \qquad (11)$$

一方，共鳴による吸収量 A は，スピンの描く円の面積に比例するから

$$A\propto M^2\ \sin^2\theta=\frac{\gamma^2h^2M^4}{\lambda^2H^2} \qquad (12)$$

即ち，共鳴による吸収量は，式（12）より，スピンに作用するマイクロ波磁界のうち，スピンと直角の関係にある成分の2乗に比例している．従って，AT_nM の μ_r'' と，AT_n のそれとを比較すると，当然 AT_nM の μ_r'' の方が大きくなると考えられる．

（2） また，AT_nM と AT_n における μ_r'' の大きさの相違は，次の事にも起因しているものとも思われる．

即ち，AT_nM と AT_n における磁区の様子を考えると，前者における磁区は，冷却時に磁界がかかっているので，後者におけるそれよりも，細長くなっているものが多くなり，しかもその磁区の方向は，測定時のマイクロ波磁界に対して直角の関係になっている．従って，AT_nM の磁区のもつ反磁界は，AT_n の磁区のもつ反磁界よりも，大きく，従って，スピンによる共鳴周波数が，より高い周波数に移動したものと考えられる．

（3） μ_r'' の値は，最終焼成温度が高くなると，大きくなっている．これは次のように考えられる[(5)]．

焼成温度が高くなると，$Fe^{+3}\to Fe^{+2}$ と還元されて，Fe^{+2} の量が増す．Fe^{+3} と Fe^{+2} とは，結晶学的には特別の位置関係にある位置にはいっており，その結果，導電率が高くなり，マイクロ波磁界による渦電流損が増加する．

（4） OT_3M と AT_3M の μ_r'' の値を比較すると，前者の持つ μ_r'' の方が，後者のそれより大きくなっている．これには次の2つのことが原因していると思われる．OT_3M は AT_3M と比較すると，当然酸化の程度が大きいと思われ，酸化の程度が大きいと，OT_3M 内には多くの空格子点ができる．空格子点が多くなれば，試料内のイオンは移動し易くなるので，冷却時の磁界が有効に働くことになり，その結果，（1）および（2）に述べたことにより，μ_r'' の値が大きくなるものと思われる．

次に，フェライトは冷却時の雰囲気中に酸素が多く含まれていると，冷却過程で $\alpha\text{-}Fe_2O_3$ が折出しやすくなる[(6)]．$\alpha\text{-}Fe_2O_3$ は非磁性体であるから，まわりの磁性をもった物質の影響で，その表面に磁極を表わし，その磁極の反磁界のため，スピン共鳴周波数がよりマイクロ波領域に近まりその結果 μ_r'' の値が大きくなったものとも思われる．

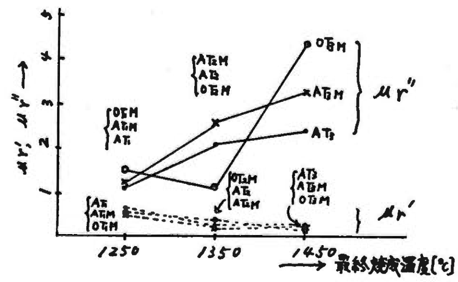


図 6

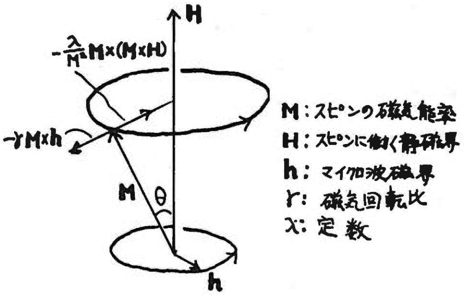


図 7

5. ま と め

以上，結果に対する検討として考えられることを定性的に述べたが，どの考え方が妥当であるかは，今後実験を重ねなければ判断できない．

しかし，データーの傾向から，冷却時の磁界の強さおよび本焼成時の酸素の量を増すと，電波吸収壁として望ましいものが得られると思われ，このようにして得られた試料の μ_r'' の原因がスピンの共鳴現象であるとすると，3に述べた測定方法による μ_r'' の測定においては，到来電磁波と試料内のスピンの相互関係が $x>0$ の部分では正円偏波また $x<0$ の部分においては負円偏波となる．(図8－1，図8－2参照）従つて，試料の $x<0$ の部分にあるスピンのうち到来電磁波によって共鳴するものの数は，$x>0$ の部分におけるそれより少くない．ただし，図8－2における H の方向は試料冷却時の印加磁界の方向を示す．

そこで，図8－2に示す試料を原点を含む y-z 平面で切断し，これを図8－3に示すように試料冷却時の印加磁界 H が，$x>0$ の領域においては紙面の裏から表にまた $x<0$ の領域においては紙面の表から裏にそれぞれ向くように配置すると，試料内のスピンと到来電磁波との関係は正円偏波になるものが多くなり，従って共鳴現象に寄与するスピンの数が増し，その結果図6に示す測定結果より大きいものが得られると考えられる．

最後に，日頃御助言をいただいた熊本大学教授相田貞蔵先生，ならびに実験に際し便宜をはかっていただいた本校教授相良睦男先生，本校助教授小田明先生に感謝します．

尚，本論文は昭和45年度電気四学会九州支部連合大会において発表したものに，導波管内における電磁波の様子の観点から検討を加えたものである．

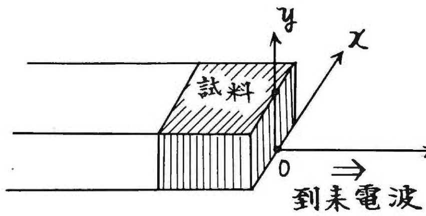


図 8 － 1

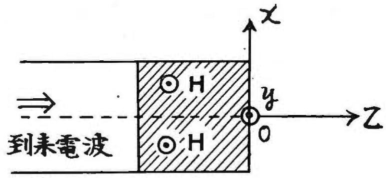


図 8 － 2

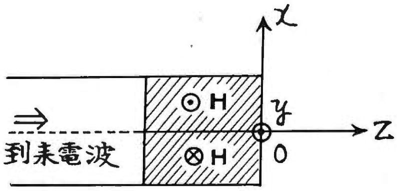


図 8 － 3

6. 文　　献

（1） 末武，仲野，武田：“磁気形抵抗皮膜吸収壁”信学会，マイクロ波研資（昭42-01）
（2） 近角聡信：強磁性体の物理（裳華房，1966）
（3） 小口，太田：マイクロ波・ミリ波測定（コロナ社，1970）
（4） 近角聡信：磁性物理の進歩（アグネ社，1964）
（5） （4）に同じ
（6） 粉末冶金技術協会：粉末冶金応用製品（Ⅱ）（日刊工業新聞社，1964）

リーゼガング現象の研究（その1）

層状沈殿の間隔定数と外的条件との関係

樋　口　大　成

<昭和45年10月31日受理>

A Study of the Liesegang Phenomena (Part One)

The Relationship between the Interval Constant of the Periodic Precipitations and the External Conditions.

The periodic precipitation in gels is known as the Liesegang phenomenon. In this work, magnesium sulfate as inner electrolyte, ammonia water as outer electrolyte, and agar as gelling substance were used, then the periodic precipitations of magnesium hydroxide were formed.

The distance d from the origin of diffusion of outer electrolyte solution to the n-th precipitation formed is given by the following equation.

$$d = \alpha \cdot 10^{kn}$$

In this case, α and k are constants, and k has been often called the interval constant.

In this system, these results were comfirmed; that is, the value of k increases according as the concentration of outer electrolyte solution, the volume of it, the concentration of agar gel, and the concentration of sodium chloride added to the gel decrease, and it increases according as the concentration of inner electrolyte increases, and the temperature of the system rises.

Hiroshige Higuchi

ま　え　が　き

ゼラチン，寒天，ケイ酸，ポリビニルアルコールなどの濃厚なゾルに，あらかじめ一種の電解質を溶かしておいて（これを内部電解質という），このゾルをゲル化させたのち，このゲルの外の一部からゲルの内部に向かって，内部電解質と沈殿反応を起こすもう一種の電解質溶液（これを外部電解質という）を拡散させると，それが拡散するにしたがって両電解質の反応で生じる沈殿物が，往々にして，不連続な周期的な沈殿をつくる．このゲルをシャーレのようなものの中につくって，その中心に濃厚な外部電解質溶液をおくならば，周期的な沈殿は同心円をつくっていく．また，ゲルを試験管の中につくって，ゲルの上から外部電解質を内部へ拡散させると，層状の沈殿になっていく．

これは，1896年に Liesegang によって発見され，リーゼガング現象といわれている．これについては非常に多くの研究者によっていろいろな標本がつくられまた，その生因の研究もなされてきた．

本実験では，そのうちの典型的な一つの場合として内部電解質を硫酸マグネシウム，外部電解質をアンモニア水，ゲルを寒天としたリーゼガング現象について最も基礎的な，外的条件の変化と周期的沈殿の形成の関係，特に，周期的沈殿間の間隔を広くするには，どのような条件を与えるべきかに注目した．このテーマについては多くの研究者によって既に調べられているが，今後，筆者は主として“この系”を扱っていく予定なので，筆者自身の必要性から，一般論ではなく，“この系”における確認を目的として実験した．なおこの系では，アンモニア水を使うので，シャーレ法は用いられず，長型試験管を用いた．

実　　験

ビーカーに，硫酸マグネシウムの水溶液をつくり，これに寒天末をいれて放置し，寒天が膨潤したところで，この溶液を加熱沸騰させ，熱時に試験管中に注い

で室内に放冷する．冷えると同時に寒天がゲル化していき，そのゲルの上端は下に凹んだメニスカスをつくるので，そのメニスカスの底面の部分が明確になるように透明セロテープを巻きつけてから，ゲルの上に外部電解質としてアンモニア水を注ぎ，試験管の上端を密栓する．このメニスカスの底面，すなわち，セロテープの下端の線を，外部電解質の内部への拡散原点と称し，以後，簡単のために，ただ「原点」と称する．

以下，表1に示す条件においてつくられた層状沈殿に関する結果の写真を図1に示す．表1は最左欄に管の名称を，S，A，B，C……とつけたが，Sを標準とし，Sに対して変えた条件だけをその該当欄に数値をもって記入する．記入していない空欄はSと同じ条件の数値があるわけである．

また，同時に外部電解質の拡散速度を測るために，あらかじめ内部電解質の溶液をつくる際，フェノールフタレイン指示薬を少量ずつ添加しておいた．

表 1. 条件をかえた標本の設定

この欄に記入した部分だけ（S）と条件をかえてある．空欄は（S）と同じ数値である．

管の名称	外部電解質 (NH_3水) の濃度 N	内部電解質 ($MgSO_4$) の濃度 M	ゲル物質 (寒天) の濃度 %	内部添加物 (NaCl) の濃度 M	実験温度 ℃	拡散用試験管の内径 cm	外部電解質 (NH_3水) の液量 ml
S	15	0.125	1	0	20	1	3
A	$15\times\frac{1}{8}$						
B		$0.125\times\frac{1}{4}$					
C			3				
D				1			
E					0		
F						0.4	
G							0.5

アンモニア水は，28 %，比重0.9のものを今後とも15Nとしておく．というのはこの濃アンモニア水を体積で倍稀釈して用いる場合が多いので，原液を近似的に，規定度で表わしておく方が便利だからである．

結　　果

従来より多くの研究者によって，ふつう，リーゼガング現象に見られる規則性が明らかにされている．

（1） 外部電解質の拡散原点からの，時間tにおける拡散距離xは

$$x^2 = Kt \qquad (1)$$

で与えられ，Kは定数である．

（2） 生成された第n番目の層状沈殿の拡散原点からの距離dは

$$d = \alpha \cdot 10^{kn} \qquad (2)$$

で与えられ，αとkは定数である．このkが大きいほど沈殿間の間隔は大きい．kはしばしば「間隔定数」と呼ばれている．

（3） 時間tにおいて沈殿が生成し始めるところの，拡散原点からの距離dは

$$d = Ct^{-2} \qquad (3)$$

で与えられ，Cは定数である．

筆者がおこなった，アンモニア·硫酸マグネシウム·寒天系におけるリーゼガング現象にも，上の三つの規則性はおよそ，そのままあてはまった．

そこで（1）に式ついてはxをmm，tを秒，（2）式についてはdをmm，（3）式についてはdをmm，tを秒の単位で実測し，その結果得られたK，k，Cの値を表2に記入した．

表2における，S，A，B，C……の記号は，表1におけるものと同じである．

表 2. K，k，C の値（1）

	K	k	C
S	4.97×10^{-2}	1.95×10^{-1}	1.84×10^{-3}
A	4.03	3.93	1.16
B	6.19	0.54	2.00
C	4.86	1.26	1.77
D	4.86	1.39	1.81
E	3.86	1.68	1.47
F	4.97	1.95	1.84
G	4.86	2.38	1.67

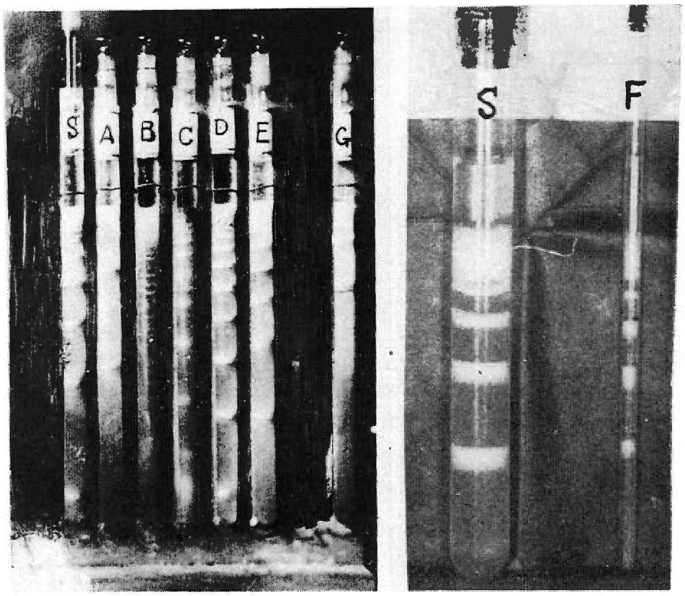


図 1. 条件をかえてつくった $Mg(OH)_2$ の層状沈殿．NH_3 水 (外)，$MgSO_4$ (内)，寒天 (ゲル) 系

このことに再現性があるか否かを念を押したのが，表3の内容であって，傾向には全く再現性があることを確認した．ここで，数値の完全な再現は得がたいのであるが，それは，ゲル物質を扱うため，その膨潤の過程や沸騰の過程，また冷却ゲル化の過程で，完全に同質のゲルが再現しないことにあると考えられる．

表 3. K, k, C の値 (2)

	変えられた条件		$K\times10^2$	$k\times10$	$C\times10^3$
S	外部電解質 (NH_3水) の 濃 度	15 N	4.03	1.76	1.67
		$15\times\frac{1}{2}$	3.68	2.15	1.30
		$15\times\frac{1}{4}$	3.33	2.77	1.23
		$15\times\frac{1}{8}$	3.11	3.89	1.11
S	内部電解質 ($MgSO_4$) の 濃 度	0.5 M	2.89	2.12	1.37
		$0.5\times\frac{1}{2}$	4.03	1.76	1.67
		$0.5\times\frac{1}{4}$	4.27	1.33	1.74
		$0.5\times\frac{1}{8}$	5.80	1.07	1.91
S	ゲ ル (寒天) の 濃 度	0.5 %	4.11	1.93	1.86
		1.0	4.03	1.76	1.67
		2.0	3.87	1.51	1.55
		3.0	3.66	1.38	1.33
S	内部添加物 (NaCl) の 濃 度	0 M	4.03	1.76	1.67
		0.3	3.93	1.60	1.50
		0.6	3.75	1.43	1.46
		1.2	3.61	1.21	1.40

Sは標準セルとする．実験温度 20℃

結　　論

上記のうち，特に，表2中の k の値を求めるもとになったグラフを次の図2に示す．縦軸を対数軸にとって d (mm) を，横軸は等間隔に n をとったものである．

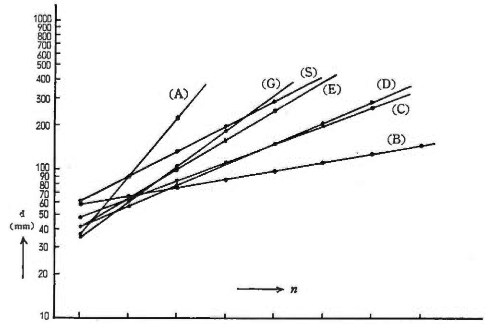


図 2. 表2中の k を決定したグラフ

図2の各線を一点より出発するように平行に移動すると図3のようになる．図3では標準 (S) に対して諸条件のうち一つだけ変えた条件を A，B …… の右に記入しておいた．もちろん，直線が立っているほど沈殿層の間隔が広いことを意味している．

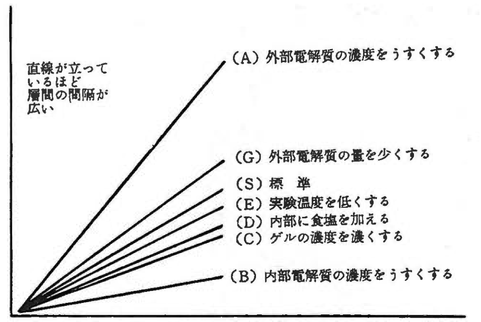


図 **3**. 図2の各直線を一点から書き直したグラフ

以上より，沈殿層の間隔を広くしようと思えば，できるだけ，1. 外部電解質濃度をうすく，2. 外部電解質液の量を少く，3. 実験温度を高く，4. 内部電解質濃度を濃く，5. ゲルの濃度をうすく，6. 内部に食塩は加えない方がよい，ということになる．また管の内径の大小は関係ない（毛細管を使っての比較はしていない）．

上の，1，2，3，は沈殿物の溶解度積に達することを妨げる条件であり，4は1の裏返しで同じ条件と考えられる．5，6，については，溶解度積では説明し難く，別途に考えるべきテーマであろうと思う．

参 考 文 献

1) 鮫島實三郎著，膠質学（裳華房）(1947)
2) A. Yanagihara, Bull. Inst. Phys. Chem. Raserch **19**. 1432 (1940)
3) Popp, Kolloid-Z., **36** 208 (1925)
4) Hedges and Henley, J. Chem. Soc. 2714 (1928)
5) H. Higuchi and R. Matuura, Memoirs Faculty Sci. Kyushu Univ. **5-2**. 34 (1962)

リーゼガング現象の研究（その2）

いくつかの水酸化物の層状沈殿の間隔定数とその溶解度積との関係

樋　口　大　成

＜昭和45年10月31日受理＞

A Study of the Liesegang Phenomena (Part Two)

The Relationship between the Interval Constants of the Periodic Precipitations of sevral Hydroxides and their Solubility Products.

In this experiment, the periodic precipitations of hydroxides of magnesium, manganese (II), nickel (II), iron (II), zinc, cobalt (II), and copper (II) were formed individually in the agar gels. In these cases, sulfates of these metals as inner electrolyte and ammonia water as outer electrolyte solution were used.

In thses systems, it has been found that every interval constant k, definited in the first paper of this series, is a function of each solubility product L. Therefore, this method may be utilized the determination of the solubility products of sevral hydroxides of metals.

Meanwhile, there is possibility of further study, for the super-saturated theory has been a common opinion on the formation of this phenomenon.

Hiroshige Higuchi

ま　え　が　き

寒天ゲル系で，内部電解質に別々に数種の硫酸塩を用い，外部電解質にアンモニア水を用いた場合，定性的に見ても，金属水酸化物の溶解度積の大きいものほど，層状沈殿間の間隔が広いように思われたので，溶解度積と間隔との間に定量的な関係があるかどうかを調べた．

実　　験

各ビーカーに，別々に，マグネシウム，マンガン，ニッケル，第一鉄，コバルト，亜鉛，銅の硫酸塩の各溶液を準備し（これらが内部電解質である），外部電解質をアンモニア水として実験した．実験番号1から4まで別々の条件でおこなったが，その中で共通な点は寒天を1％としたこと，寒天粉末の膨潤時間が24時間であること，アンモニア水は 2 ml であることで，これ以外は表1の条件にしたがって実験した．

表 1. 実　験　条　件

実験番号	1	2	3	4
外部電解質*	15　N	15　N	$15\times\frac{1}{8}$N	$15\times\frac{1}{10}$N
内部電解質	0.1 M	0.2 M	0.2 M	0.2 M
	$MgSO_4$	$MgSO_4$	$MgSO_4$	$MgSO_4$
	$MnSO_4$	$MnSO_4$	$MnSO_4$	$MnSO_4$
	$NiSO_4$	$NiSO_4$	$NiSO_4$	$NiSO_4$
	$FeSO_4$	$FeSO_4$	$FeSO_4$	$FeSO_4$
	$CoSO_4$	$CoSO_4$	$CoSO_4$	$CoSO_4$
	——	$ZnSO_4$	$ZnSO_4$	$ZnSO_4$
	$CuSO_4$	$CuSO_4$	$CuSO_4$	$CuSO_4$
実験温度	～20℃	5℃	5℃	5℃

* 外部電解質はアンモニア水である

結　　果

この層状沈殿の様子は少しずつ違っている．Mg^{2+}，Mn^{2+}，Fe^{2+} は NH_3 と錯イオンをつくらないから，アンモニア水のゲル中への拡散につれて，その水酸化物の層状沈殿をつくる．これに対し，Ni^{2+}，Co^{2+}，Zn^{2+}，Cu^{2+} は NH_3 と錯イオンをつくるので，はじめのうちアンモニア水が拡散して生じたそれぞれの水酸化物はアンモニア水がさらに拡散するにしたがって溶けて，それぞれの錯イオンの色を呈する．しかし，やがて拡散原点から遠ざかるある点から，錯イオンをつくり得なくなって，そこから水酸化物の層状沈殿ができていく．図1は，実験番号1の写真である．

ここで，任意の第一番目の沈殿以下の沈殿層の番号 n を等間隔の横軸に，また縦軸には拡散原点から沈殿層までの距離 $d$mm を対数軸にとってプロットすると，実験番号1，2，3，4，について，それぞれ，図2，3，4，5，のようになる．

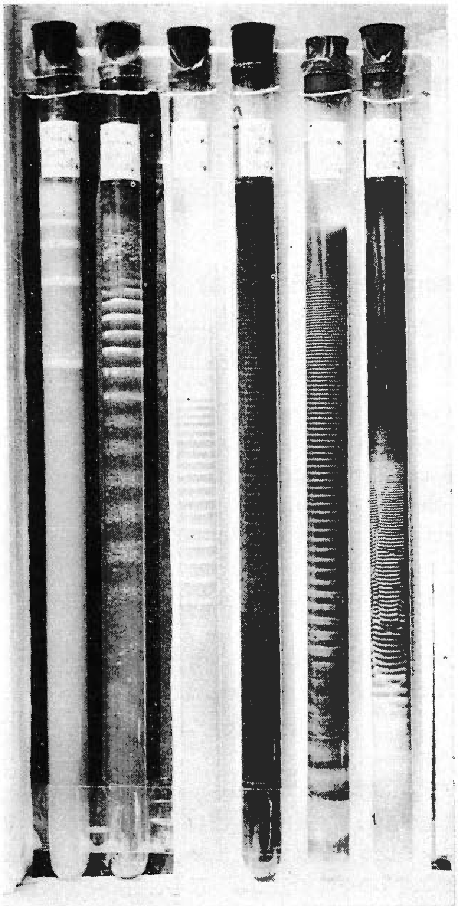


図 1. 各種水酸化物の層状沈殿（実験番号 1）
沈殿物は左より　$Mg(OH)_2$, $Mn(OH)_2$, $Ni(OH)_2$
$Fe(OH)_2$, $Co(OH)_2$, $Cu(OH)_2$
NH_3(外), 硫酸塩(内), 寒天(ゲル)系
(本校工業化学科第二回卒業生松本幸子の作製による)

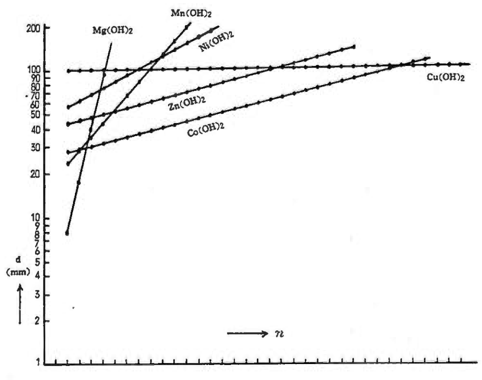


図 2. 実験 1 における d と n との関係

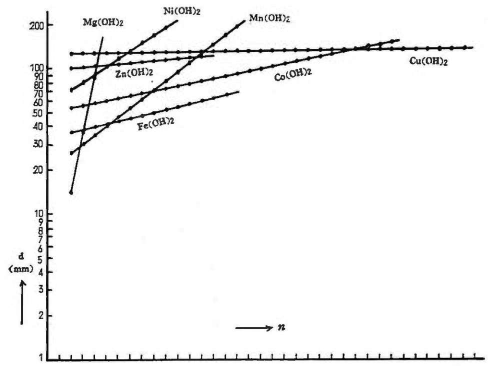


図 3. 実験 2 における d と n との関係

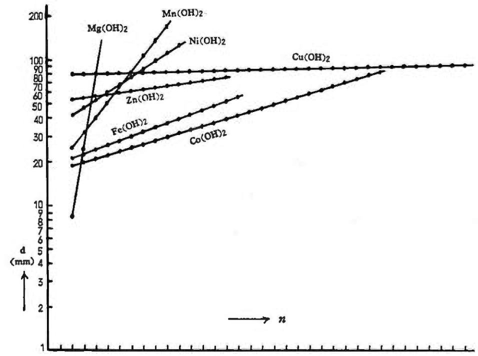


図 4. 実験 3 における d と n との関係

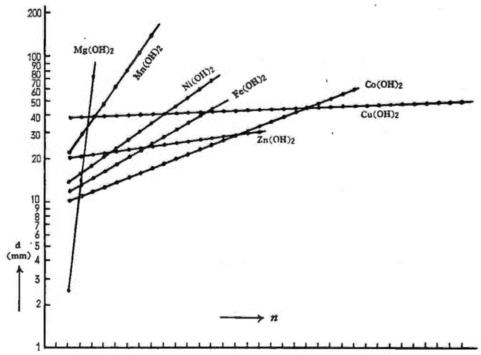


図 5. 実験 4 における d と n との関係

この，図2，3，4，5 からわかるように

$$d = \alpha \cdot 10^{kn}$$

の関係が満たされる．この，間隔定数 k の実測値を表2に示す．

表 2. k の 値

	k			
	実験 1	実験 2	実験 3	実験 4
$Mg(OH)_2$	0.240	0.200	0.310	0.716
$Mn(OH)_2$	0.0420	0.0305	0.0508	0.103
$Ni(OH)_2$	0.0227	0.0264	0.0335	0.0730
$Fe(OH)_2$	0.0133	0.0101	0.0155	0.0488
$Co(OH)_2$	0.0131	0.0079	0.0108	0.0326
$Zn(OH)_2$	——	0.0028	0.0057	0.0106
$Cu(OH)_2$	0.00062	0.00046	0.00080	0.0022

なお，実験1には水酸化亜鉛の層状沈殿をつくらなかったので，実験 2，3，4，における水酸化亜鉛の写真を図6に示す．他については実験1の写真（図1）と大同小異なので全体の写真は割愛する．

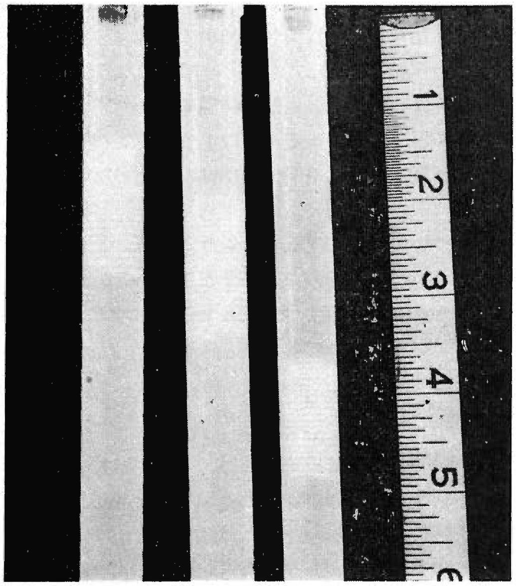


図 6. 右より，実験 2. 3. 4 における $Zn(OH)_2$ の層状沈殿

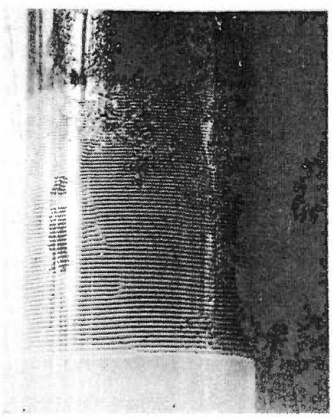


図 7. $Cu(OH)_2$ の層状沈殿を拡大したもの

なお，ここに，関係ある写真を二つあげる．

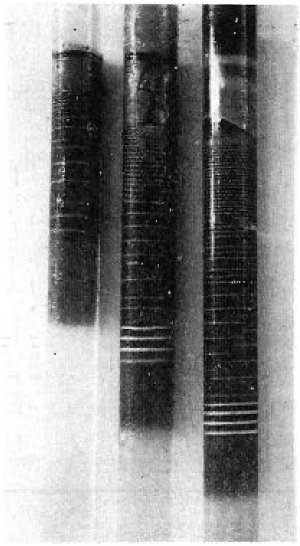


図 8. $Fe(OH)_2$ の層状沈殿は，でき初めは白い沈殿である

考　　察

これら水酸化物の沈殿物質には，いわゆる溶解度積がある．これは K_{sp}，あるいは L という記号で示されるが，本稿ではさきに K や k の記号を出したので，L を用いることにする．この溶解度積が，上記の水酸化物についてすべて記載してある文献は意外に少い．ここに，三種の文献を引用すると

（1） 無機分析ハンドブック（奥野，中埜）
（2） 化学便覧基礎編
（3） 元素序説（内海）

これらに記載してある溶解度積を示すと，表3のとおりである．

表 3. 溶解度積（L）の文献値

文　献	（1）	（2）	（3）
$Mg(OH)_2$	5.5×10^{-12}	1.8×10^{-11}	6×10^{-12}
$Mn(OH)_2$	$4\ \times10^{-14}$	1.9×10^{-13}	1×10^{-14}
$Ni(OH)_2$	$2\ \times10^{-14}$	6.5×10^{-18}	1×10^{-14}
$Fe(OH)_2$	$2\ \times10^{-15}$	$8\ \times10^{-16}$	1×10^{-15}
$Co(OH)_2$	1.3×10^{-15}	$2\ \times10^{-16}$	2×10^{-16}
$Zn(OH)_2$	4.5×10^{-17}	1.2×10^{-17}	1×10^{-17}
$Cu(OH)_2$	$6\ \times10^{-20}$	2.2×10^{-20}	6×10^{-20}

このように文献によってかなり違うが，上記の中の（1）は次のような註釈があり，また（2），（3）の平均的な数値にもなっているようであるから，ここでは（1）を採用することにした．

註釈　この表の数値は主として次のものを参考にした．

1. J.Bjerrum, G.Schwartzenbach, L.G. Sillen: "Stability Constants" Chemical Society, London (1958)
2. H. H. Barber, B. I. Tailor: "Semimicro Qualititation Analysis (2 nd ed)" Harper & Brothers Co. N.Y. (1953)
3. 日本化学会編"化学便覧"丸善

そこで，表3の中の（1）の溶解度積 L の値より

$$-\log L = pL$$

をとって表4の第一欄に記し，また，表2より k の値を転写して第二欄以下に記すと次のようになる．

表 4. pL と実測した k の値（$k\times10^2$ で示す）

	pL	$k\times10^2$			
		実験1	実験2	実験3	実験4
$Mg(OH)_2$	11.3	24.0	20.0	31.0	71.6
$Mn(OH)_2$	13.4	4.20	3.05	5.08	10.3
$Ni(OH)_2$	13.7	2.27	2.64	3.35	8.30
$Fe(OH)_2$	14.7	1.33	1.01	2.15	4.25
$Co(OH)_2$	14.9	1.31	0.79	1.08	3.40
$Zn(OH)_2$	16.4	——	0.28	0.57	1.08
$Cu(O)H_2$	19.2	0.062	0.046	0.080	0.180

この pL を縦軸の対数軸に，k を横軸の対数軸にとって，すなわち両対数座標に表4の数値をプロットすると，いずれも直線が得られた．図9はそれを示す．このグラフより，それぞれの実験式が得られる．これらの実験式を，図9のあとに示す．

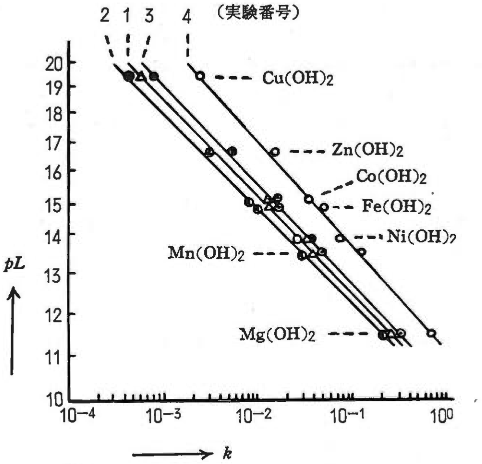


図 9. pL と k との関係

実験式

実験 1　$\log pL = -0.0842 \log k + 1.008$

実験 2　$\log pL = -0.0819 \log k + 1.000$

実験 3　$\log pL = -0.0860 \log k + 1.017$

実験 4　$\log pL = -0.0885 \log k + 1.041$

このように，一般に，k は L の函数

$$k = f(L) \qquad [-\log L = b\cdot k^{a}]$$

ということが言える．これより，定性的な結論として

（1） 溶解度積が大きい難溶塩の周期的沈殿ほど，沈殿層間の間隔は大きくなり，この実験の範囲では，溶解度積と沈殿層間の間隔には定量的な関係がある．

（2） これを逆に利用すれば，溶解度積の測定に利用することができる．

（3） 従来より，ほとんど通説となっていることは，リーゼガング現象が起こる原因は，沈殿が一たん過飽和状態になり，そこを通ってやがて大きな沈殿層をつくるという説明である．もしそうであるならば，溶解度積が大きいものほど過飽和状態になりやすく，過飽和状態から沈殿が始まるときのイオン濃度の積とふつうの溶解度積とは比例関係になければならないことになる．だから，少くともこの実験で用いた七種の水酸化物については，$k=f(L)$ ということは，どちらかといえば，過飽和状態のことが介在しない方が説明しやすい．しかし，即断すべきことではなく，研究の余地が残っていると思われる．

追　　記

リーゼガング現象の生因については，過去七十余年にわたって，多くの研究者によって研究され，発表されてきている．もう今さら，つけ加える余地はないようにも思われるが，しかし今もって，これが絶対だという定説もないようである．

筆者のこの小論も，生因の追究の一端になるとは思っている．ほんとうは，筆者は生因の追究よりも，この現象の実用的な価値を追究したいのである．たとえば，この小論でも，金属水酸化物の溶解度積の測定法の一つとしての意味を有し得ないかと意識した試みであった．分析化学への利用も考えたい．

同時に，もしも，生成の原因の追究ということになると，筆者は，従来からの諸説，たとえば"過飽和説"とか"凝析説"とか，"吸着説"とかその他の説を簡単にとりいれたくないのである．

何故ならば，これらの説明に，いささかの片手落ちを感じるからである．リーゼガング現象が起こった系について，もっともらしい理由をつけ得るとしても，その理由がそのまま，起こらなかった系に対して，説

明することができなければ，説得力として弱いのではないかと常日ごろ考えていた．

そういう時点に立ち戻って，筆者は，一連の実験について，

リーゼガング現象に現われる諸要因

を考えて，いろいろな要因を集めてみたいと思っている．以下の四点は，それぞれ独立した要因として，この研究の「その3」「その4」……… としたいところであるが，目下，論文にするほど纏っていないので，追記の四点としてここにメモしておき，今後，独立した論文にしていきたいと考えているところである．

第一点

同じく，沈殿物質に水酸化マグネシウムをつくる反応でも，外部電解質を水酸化ナトリウム溶液にすると層状沈殿にならない．直感的には，水酸化ナトリウム溶液は，アンモニア水に比べるとアルカリ性が強過ぎるからではないかと考えられるけれど，濃アンモニア水よりもはるかにアルカリ性が弱いカセイソーダ溶液をつくることができる．それでも，沈殿が決して層状にならず，全体に連続的な沈殿をつくるのである．

図10には，外部電解質にアンモニア水を用いた場合と水酸化ナトリウム溶液を用いた場合の比較の写真を示す．これは作製して数ケ月後の写真である．

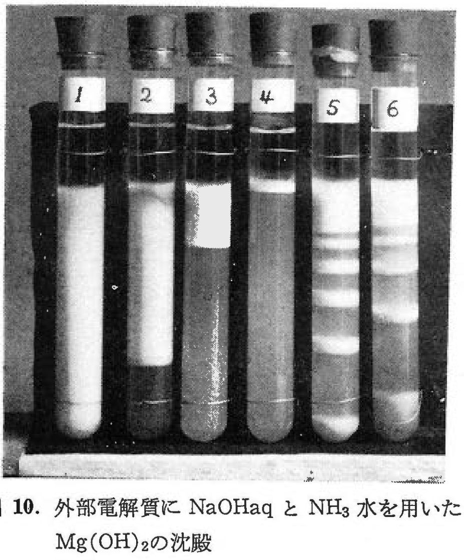


図 10. 外部電解質に NaOHaq と NH_3 水を用いた $Mg(OH)_2$の沈殿

左より	12　N−NaOHaq	内部電解質
(外部)	12/4 N−NaOH	1/6 M−$MgSO_4$
	12/16N−NaOH	ゲル
	12/64N−NaOH	1%−寒天
	15　N−NH_3 水	室温
	15/2 N−NH_3	平均 28℃

第二点

上記のように，外部電解質を水酸化ナトリウム溶液にすると，できる水酸化マグネシウムは層状沈殿にはならないが，この外部電解質の水酸化ナトリウム溶液に，または，あらかじめ内部電解質溶液の方に，少量N−メチルアセトアミド（NMA）をいれておくと層状沈殿になるのである．図11（写真）は，ゲルをつくる溶媒に用いた水に，同試薬を加えたもので，図中の説明の%は，溶媒中の同試薬のパーセント濃度である．ふしぎなのは，同図の左5本は，外部電解質をアンモニア水にした場合であるが，N−メチルアセトアミドを加えるほど，その間隔定数kは小さくなっていくのに，外部を水酸化ナトリウム溶液にすると，かえって沈殿が分離して層状になる，ということである．N−メチルアセトアミドは，誘電率が165（25°）という，特殊な性質をもっていて，これらの現象が，この誘電率に原因しているのかもしれず，やはり今後の課題であるし，リーゼガング現象の生因の大切な鍵を握っているのかもしれないと思っている．

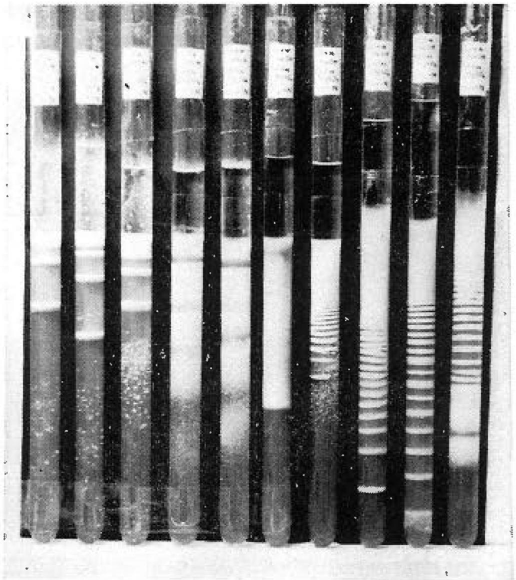


図 11. 外部電解質に NH_3 水と $NaOH_{aq}$ を用い，内部に NMA を添加した場合の $Mg(OH)_2$ の沈殿

左から1～5番まで
外部電解質 NH_3 水
NMA 濃度（%）　0，10，20，30，40
左から6～10番まで
外部電解質 $NaOH_{aq}$
NMA 濃度（%）　0，10，20，30，40
内部電解質　0.4 M−$MgSO_4$
ゲル　1% 寒天

第三点

外部がアンモニア水，内部に硫酸マグネシウム，ゲル寒天の系でできた水酸化マグネシウムの層状沈殿を含む寒天ゲルを，試験管から寒天ごととり出し，それを切り開いて，平べったい沈殿物をとり出す．これはピンセットではさんでもくずれない．一方，ふつうどおりに，上と同系の標本をつくるべく，内部電解質と膨潤した熱い寒天ゾルの両者を含む溶液を，標本用試験管に移してから，試験管の中で放冷してそのゲル化を待つわけであるが，ちょうど，ゾル・ゲルの中間ぐらいになったころ，さきにとり出した沈殿物（これは水酸化マグネシウムである）を試験管の中に埋めてやると，それは，ゲルの中間に埋められ，浮いた形になったまま，全体がゲル化される．これに，外部電解質アンモニア水を拡散させると，新たにできる層状沈殿は，必ず，埋められた断片をよけて生成される．これは図 12 のとおりである．断片沈殿による内部イオン（Mg^{2+}）の吸着と考えられる．

第四点

沈殿物質が同一物で，外部電解質に共にアンモニア水，ゲルも同一物で，濃度その他の条件が同じであっても，内部電解質に用いる塩の陰イオンが異ると，できる層状沈殿の様子もまた違うのがふつうである．したがって，さきの実験では全部硫酸塩で統一した．

図13には15Nアンモニア水を外部，10%ゼラチンゲルを用い，内部に 0.5M の硫酸マンガンを用いた場合と，0.5M の塩化マンガンを用いた場合の比較ができる写真を示す．沈殿物は共に水酸化マンガンである．図14は，図13のでき始めの拡大写真である．

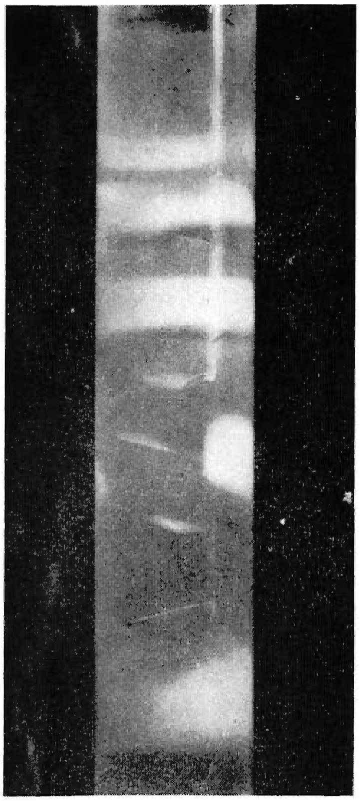


図 12. あらかじめ埋めこんだ $Mg(OH)_2$ の沈殿断片と，それを敬遠してできた層状沈殿
NH_3（外），$MgSO_4$（内），寒天（ゲル）系

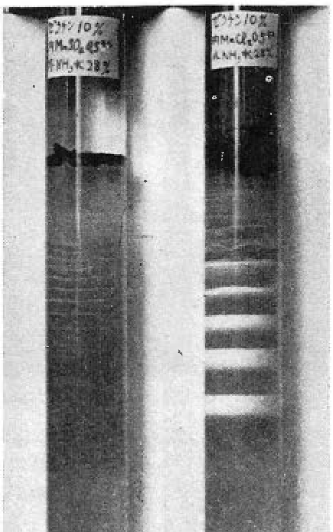


図 13. $Mn(OH)_2$ の層状沈殿
内部電解質　左　0.5M—$MnSO_4$
　　　　　　右　0.5M—$MnCl_2$
外部電解質　15N—NN_3 水
ゲ　　　ル　10%—ゼラチン

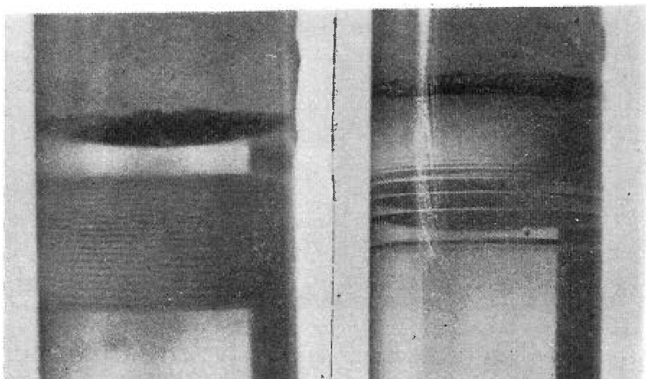


図 14. $Mn(OH)_2$ の層状沈殿（図13と同一のもので，そのできはじめである）
内部電解質　左　0.5 M-$MnSO_4$
　　　　　　右　0.5 M-$MnCl_2$
外部電解質　15 N-NH_3 水
ゲ　　　ル　10%-ゼラチン

以上の補足したメモより，リーゼガング現象に影響を与える要因には，沈殿反応を起こす原因になる陽陰イオンの反対のイオン(対イオン)，溶媒の誘電率．それから，一たん生成した沈殿が付近のイオンを吸着することなどが挙げられるように思われる．今後はこれら諸要因について少しずつ調査したいと思う．

参 考 文 献

1) 鮫島實三郎著，膠質学（裳華房）(1947)
2) 奥野久輝；中埜邦夫，無機分析実験室ハンドブック
3) 日本化学会編，化学便覧基礎編（丸善）(1965)
4) 内海誓一郎，元素序説図表編（共立出版）(1964)
5) Wi. Ostwald, Z. phys. Chem. **27**. 265 (1897)
6) S. C. Bradford. Kolloid-Z. **30**. 364 (1922)
7) A.C. Chatterji and N.R. Dhar, J. Phys Chem, **28**. 41 (1924); Kolloid Z. **40**. 97 (1926)
8) A. Yanagihara. Bull. Inst. Phys. Chem. Reserch **19**. 1432 (1940)
9) C. Wagner. J. Colloid Sci, **5**. 85 (1950)
10) A. C. Chatterji and H. Bhagwan, J. Colloid Sci **13**. 232. 237 (1958)
11) H.Higuch and R. Matuura, Memoirs Faculty Sci Kyushn Univ. **5-2**. 34. (1962)

粉粒体空気輸送の設計

石 橋 助 吉
横 山 睦

<昭和45年10月31日受理>

A Design for the Pneumatic Conveyer of Dust

The pneumatic conveyer of dust is an apparatus for conveying a mixture of dust of various kinds and compressed air through a pipe by the energy of compressed air. Here will be shown a design for conveying soot gathered up with the hot cottrell.

Sukeyoshi Ishibashi
Mutsumi Yokoyama

緒 言

粉粒体を空気輸送することについては，セメント業界，精錬所，石炭，穀物等の取扱いに多く採用されている．管中を粉粒体と空気が完全な混合体として輸送できれば理想的であるがむしろ粉粒体は粒体群として移動することを解消できないともいえる大きな問題がある．この問題を考慮しつゝ管中の流れの状態の様々な現象，粉粒体の加速，脈動流，管底部をより多く濃い分布での流れ，それぞれの摩擦，管と空気及び粉粒体との摩擦を起しつゝも衛生的で，安い経費で目的地点へ輸送する方法である．こゝではホットコットレルによって捕集された煙灰を，煙灰中に含有しているある金属の回収設備へ空気輸送する施設で，その基本的な設計にとゞめる．

目 次

1. 輸送条件

ホットコットレルの捕集能力は 14t/day である．

コットレルの容量は

$$v = 163\ m^3$$

輸送設計にはコットレルの容量がわかればよいので図を省く．上部 6.5×9.7 下部 0.2×4 高さ 5 m

2. 輸 送 物

X 煙 灰

真 比 重	$\gamma_0 = 5.07$
見 掛 比 重	$\gamma = 0.54$
温 度	80～100℃
粒 度 分 布	
2μ 以下	35%
2 ～ 10μ	29%
10 ～ 20μ	31%
20 ～ 30μ	3%
30 ～以上	2%

湿度なく，粘性も極めて乏しい．

3. 輸送系統

図1は輸送系統，図である．

輸送形式の決定については，

分離器の大きさの制約，輸送距離，コンプレスドエヤーがあること，等により圧送式フラクソー型を採用することにする．

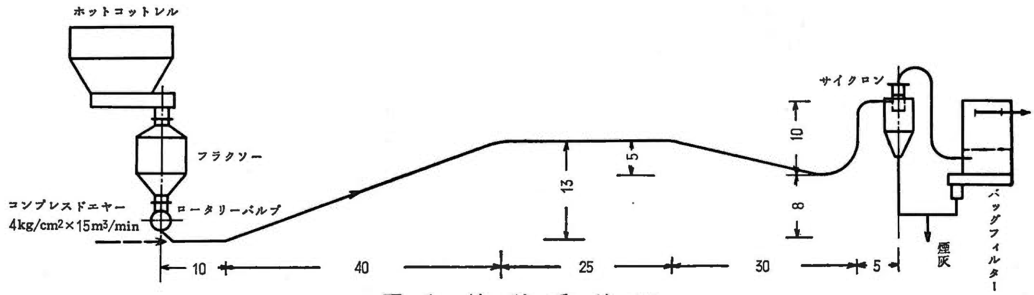


図 1　輸 送 系 統 図

4. 輸送能力

1. 圧縮空気

圧縮空気は既存の空気圧縮機より受け入れるものとし

$15 m^3/min$　　$4 kg/cm^2$ で

設計点空気量は 80%とすれば

$q=15\times 0.8=12 m^3/min$

2. 混合比

混合比 m の値は高圧輸送で 25～30 と言われているが経験値，実績値から得るのが賢明であり，かつ現実的である．

よって　$m=12$ を用いることにする．

$$m=\frac{G_0}{Q}=12$$

G_0=輸送物重量 kg/h
Q =空 気 重 量 kg/h

3. 能力

$$m=\frac{G_0}{Q} \text{ から } \qquad G_0=mQ$$

$Q=\gamma q\times 60=1.2\times 12\times 60=865$ kg/h

よって　$G_0=12\times 865=10380$ kg/h

平均輸送能力　$G_1=G_0\eta \fallingdotseq 7.8$ t/h　$\eta=0.75$;係数

5. フラクソータンクの容量

図2によりフラクソタンクの概略図を示す．

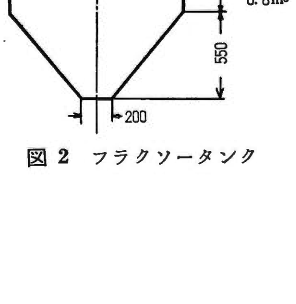


図 2　フラクソータンク

6. 運転時間と運転プログラム

1. フラクソー一回の輸送量

$g=V.\gamma=0.8\times 0.54=0.432$ t

2. 正味輸送一回の所要時間

$$T_1=\frac{0.432\times 60}{10.4}=2.5 \text{ min}$$

3. チャージに必要な時間

コットレルホッパー下のフローコンベヤ能力 5 t/h で装入され，実能力を60%，3 t/h として計算すると．

$T_2=0.432\times 60/3=8.65$ min

4. 秤量，バルブ作動等の所要時間

$T_3=0.85$ min

5. 一回輸送時間

$T_\Sigma=T_1+T_2+T_3=12$ min

6. 一日分 14 t を輸送するには

$$T=\frac{14}{0.432}\times T_\Sigma=388 \text{ min} \fallingdotseq 6.5 \text{ hr}$$

7. 平均輸送能力

$G_2=14/6.5=2.15$ t/h

一方一日７時間実働として，一日間コットレル捕集分が 6.5 時間の輸送であり，一方で30分の余裕があることになる．

F，*C*，の能率を 100 %としたとき

$T_2=5.2$ min　　$T_\Sigma=8.55$ min

依つて $T=277$ min$\fallingdotseq$4.62 hr

$G_2=3$ t/hr　　となる．

これは装入時間が他に比し大きい．*F*．*C*．の能力を60%に見たからである．だから *F*．*C*．の能力に応じて装入時間は短縮出来る可能性も充分持つている．

7. 輸送管について

1. 最終速度

まだ圧損が予定出来ないので，最終的に大気圧になるものとして

d =粒子直径； 0.04 mm
p_b=粒子真比重； 5.07
p_a=空気密度； 1.2
$v=V\cdot 0.0284\times d\times p_b/p_a \doteqdot 2.19$ m/s

実際は圧力損失が粒体群，空気の摩擦熱等のためこれ程までないと思われるので最終速度は幾らか異なってくる．

2. 管径の設定

上記の計算からすれば，速度は非常に小さくてもよいが，粒体の空気輸送については，実験及び実績から15～20 m/s が適当である．

仮りに 15 m/s の流速としたとき

$$d=\left(\frac{12}{5\times 60\times 15\times 0.785}\right)^{1/2}\doteqdot 0.058\ \mathrm{m}\phi$$

20 m/s の流速のとき

$$d=\left(\frac{12}{5\times 60\times 20\times 0.785}\right)^{1/3}=0.054\ \mathrm{m}\phi$$

以上のことから，輸送管の始端は50 A SGP とする．
内 径； 52.9 mmϕ

3. パイプライン状況設計値の表

表はパイプライン状況設計値を求め表に表わしたものである．

表1 パイプライン状況設計値

	部分	管径	距離 m 水平	距離 m 垂直	空気速度 m/s	圧力 kg/cm²	圧損 kg/cm²	空気密度 kg/m³	$v^2\times\gamma$
1	加速損失	50A			18.14	4	0.13	6.0	1974
2	フラクソ ～ A	50A	50	13	18.62	3.87	2.28	5.84	2025
3	A ～ B	65A	25		21.3	1.59	0.31	3.1	1406
4	B ～ C	80A	30	5	17.5	1.28	0.27	2.74	839
5	C ～ D	80A		10	19.8	1.01	0.2	2.41	944
	D ～ サイクロン	80A	5		22	0.81	0.04	2.17	1050
6	サイクロン					0.77	0.01	2.12	
7	バッグフイルタ損失					0.76	0.02		
8	排気損失					0.74	0.01		

各欄の速度，圧損等を求めると，

1, $v_1=\dfrac{12}{5\times 60\times 0.053^2\times 0.785}=18.14$ m/s

$v_1^2\gamma=18.14^2\times 6=1974$

$$\Delta p=(\lambda'+\mathrm{m})\frac{v_1^2\gamma}{2g}=(1+12)\frac{1974}{19.6}=1309$$

$\Delta p=0.13$ kg/cm²

2, $v_2=\dfrac{12}{4.87\times 60\times 0.053^2\times 0.785}=18.62$

$v_2^2\gamma=18.62^2\times 5.84=2025$
$\alpha'=1+0.2\mathrm{m}=3.4$

$$\Delta p_b'=\lambda\frac{l}{D}\cdot\frac{\gamma v^2}{2g}=0.038\times\frac{50}{0.053}\cdot\frac{2025}{19.6}=3703$$

$\Delta p'=\alpha'\cdot p_b'=3.4\times 3703=12590$ kg/m²
$\alpha''=1+0.8\ \mathrm{m}=10.6$

$$\Delta p_a'=\lambda\frac{l}{D}\cdot\frac{\gamma v^2}{2g}=0.038\cdot\frac{13}{0.053^2}\cdot\frac{2025}{19.6}=963\ \mathrm{kg/m^2}$$

$\Delta p''=\alpha''\cdot p_a'=10.6\times 963=10200$ kg/m²
$\Delta p_2=\Delta p_1'+\Delta p''=12590+10200=22790$ kg/m² $=2.28$ kg/cm²

3, $v_3 = \dfrac{12}{2.59\times60\times0.068^2\times0.785} = 21.3\text{m/s}$

$\gamma_3 = 3.1 \quad \alpha_3' = 1 + 0.2\text{m} = 3.4 \quad \lambda = 0.035$

$p_c = \lambda\cdot\dfrac{l}{D}\cdot\dfrac{\gamma v^2}{2g} = 0.035\cdot\dfrac{25}{0.068}\cdot\dfrac{3.1\times21.3^2}{19.6} = 923\ \text{kg/m}^2$

$\Delta p_3 = 3.4\times923 = 3138\ \text{kg/m}^2 = 0.31\ \text{k/cm}^2$

4, $v_4 = \dfrac{12}{2.28\times60\times0.080^2\times0.785} = 17.5\ \text{m/s}$

$\lambda = 0.032 \quad \alpha_4' = 1 + 0.2\text{m} = 3.4 \quad \gamma = 2.74$

$\Delta p_d = 0.032\cdot\dfrac{30}{0.08}\cdot\dfrac{2.74\times17.5^2}{19.6} = 513.7\ \text{kg/m}^2$

$\Delta p_d' = 3.4\times513.7 = 1746\ \text{kg/m}^2$

$\Delta p_e = 0.032\cdot\dfrac{5}{0.08}\cdot\dfrac{17.5^2\times2.74}{19.6} = 86\ \text{kg/m}^2$

$\alpha_4'' = 1 + 0.8\ \text{m} = 10.6$

$\Delta p_e' = 10.6\times86 = 907\ \text{kg/m}$

$\Delta p_4 = \Delta p_d' + \Delta p_e' = 1746 + 907 = 2653\ \text{kg/m}^2$

5, $v_5 = \dfrac{12}{2.01\times60\times0.08^2\times0.785} = 19.8\ \text{m/s}$

$\gamma = 2.41 \quad \alpha_5 = 1 + 0.8\ \text{m} = 10.6$

$\Delta p_f = 0.032\cdot\dfrac{10}{0.08}\cdot\dfrac{2.41\times19.8^2}{19.6} = 192.6\ \text{kg/m}^2$

$\Delta p_5 = 10.6\times192.6 = 2042\ \text{kg/m}^2 = 0.2\ \text{kg/cm}^2$

5′ $v_5' \dfrac{12}{1.81\times60\times0.08^2\times0.785} = 22\ \text{m/s}$

$\gamma = 2.17 \quad \alpha_5' = 1 + 0.2\ \text{m} = 3.4$

$\Delta p_g = 0.032\cdot\dfrac{5}{0.08}\cdot\dfrac{2.17\times22^2}{19.6} = 107\ \text{kg/m}^2$

$\Delta p_5' = 3.4\times107 = 363\ \text{kg/m}^2 = 0.04\ \text{kg/cm}^2$

それぞれの速度は，幾らか異なることになると思うが，大した違はないと思われる．

8. サイクロン

前述によって，サイクロン入口においては

空　気　圧　　$p_1 = 0.77\text{kg/cm}^2$

空　気　量　　$12\ N\text{m}^3/\text{min}$

入口速度　　15 m/s　とする

イ．形状を決定すると

図 3 はサイクロン形状の概略図を示す．

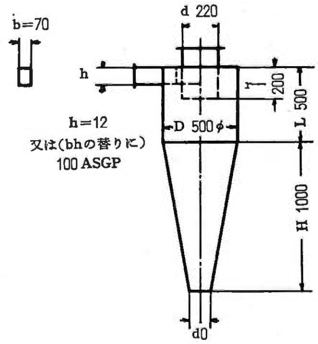


図 3　サイクロン

入口断面積 a を求めると

$$a=bh=\frac{12}{1.77\times 60\times 15}=0.00753\ \mathrm{m}^2$$

$h: b=5: 3$ 　とすれば　 $h=1.67\,b$

$$b=\sqrt{\frac{0.00753}{1.67}}=0.067\ \mathrm{m}$$

$$h=0.112\ \mathrm{m}$$

出口直径　d

出口速度と入口速度の比を 1: 5 に設定する．

$$v_7=15/5=3\ \mathrm{m/s}$$

予想圧損を 100 mm Aq とする．

$$d=\left\{\frac{12}{(1.77-100)\times 60\times 0.785\times 3}\right\}^{1/2}=0.22\mathrm{m}$$

本体胴内径　D

$D=2d=0.222\times 2=0.444$ m　0.5 m にとる．

ロ．回収可能な最小粒子径

$$S_R=\left\{\frac{9\times \mathrm{m}}{n\ r_0}\cdot\frac{1}{v_1 N}\cdot\frac{r_2^2-r_1^2}{2r_2}\right\}^{1/2} r_0\text{: 真比重}$$

$$=\left\{\frac{9\times 12}{\pi\times 5.07}\cdot\frac{1}{15\times 1}\cdot\frac{0.25^2-0.11^2}{2\times 0.25}\right\}^{1/2}$$

$$=0.00675\,\mu\doteqdot 7\,\mu$$

粒子分布から約60%の回収率となる．出口速度を小さくすれば回収率はよくなるものと考えられる．

ハ．集塵効率　η

化学工学便覧 68 p によると集塵効率は 97%になるが実際的には約80%と考え別途に考えることにする．

ニ．サイクロンの圧損

圧損係数を求めるに

$$F=\frac{30A\sqrt{D}}{d^2\sqrt{L+H}}=\frac{30\times 75\sqrt{50}}{22^2\sqrt{50+100}}=2.68$$

$$\varDelta p_7=F\cdot\frac{\gamma\cdot v^2}{2g}=2.68\cdot\frac{2.12\times 15^2}{19.6}=65\ \mathrm{mmAq}$$

9. バッグフィルター

入口圧力　0.76 kg/cm²　　空気流量　12 Nm³/m

沪過面積　　1.2 m²/m³

（概略実績にもとづいた数値）

実質所要沪過面積

$$A=\frac{12}{1.76}\times 1.2=8.2\ \mathrm{m}^2$$

沪過速度

$$v=12/(1.76\times 60\times 8.2)=0.014\ \mathrm{m/s}$$

沪　布

280 $\phi\times$ 1500 l とする．

$$a=0.28\,\pi\times 1.5\doteqdot 1.32\ \mathrm{m}^2$$

$$n=A/a=8.2/1.32\doteqdot 6.2$$

余裕をとり 9 本とする．

出口直径

$v=5$ m/s　　として設定すると

$\varDelta p_8=200$ mmAq（圧損）

$$d=\left(\frac{12}{1.74\times 60\times 0.785\times 5}\right)^{1/2}=0.171\ \mathrm{m}$$

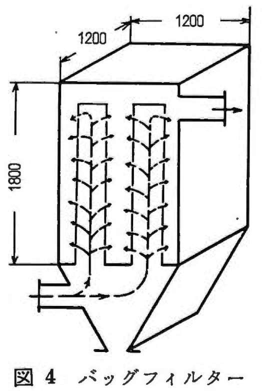


図 4　バッグフィルター

10. 圧力・速度のグラフ

実際には計算値とは幾らか異なるが一応の見当はこれからつく．図 5 には圧力，速度の変化の概略を示す．

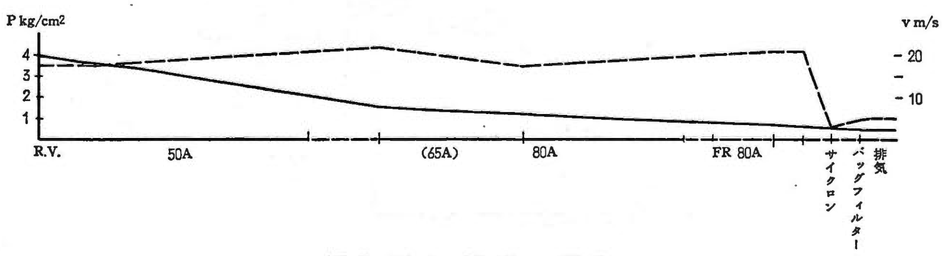


図 5　圧力，速度の変化

11. フラクソータンクの強度計算

図6について主要部強度計算を行なう.

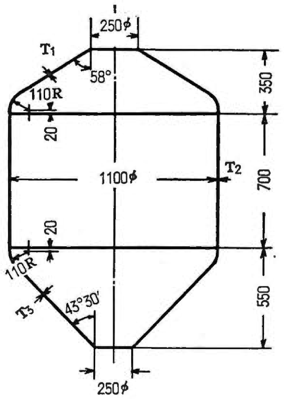


図 6 フラクソタンク

最高使用圧力　　4 kg/cm²

腐　れ　代　　1 mm

1. 上部円錐鏡板の板厚

$$t_1=\frac{P\cdot D\cdot W}{400\ Cos\,\theta(\sigma\chi\eta-0.001p)}+\alpha$$

$P=4\ \mathrm{kg/cm^2}$　　$D_1=1100\ \mathrm{mm}$

$$W=\frac{1}{4}\left(3+\sqrt{\frac{D_1}{2\ Cos\,\theta\times r}}\right)$$

$$=\frac{1}{4}\left(3+\sqrt{\frac{1100}{2\times0.5299\times110}}\right)=1.52$$

$\sigma=36\ \mathrm{kg/cm^2}$　　$\chi=1/4$

$\eta=0.57\times0.85=0.48$

$$t_1=\frac{4\times1100\times1.52}{400\times0.5299\times(36\times1/4\times0.48-0.001\times4)}$$

$$+1=7.31+1=8.31\ \mathrm{mm}$$

$t_1=9\ \mathrm{mm}$ を使用する.

2. 胴 の 板 厚

$$t_2=\frac{P\cdot D_1}{200\,\sigma\,\chi\eta-2p\,(1-K)}+\alpha\qquad K=0.4$$

$$=\frac{4\times1100}{200\times36\times(1/4)\times0.48-2\times4(1-0.4)}$$

$+1=5.12+1=6.12\ \mathrm{mm}$　　9 mm を使用.

3. 下部円錐鏡板の板厚

$$W=\frac{1}{4}\left(3+\sqrt{\frac{1100}{2\times0.7254\times110}}\right.=1.41$$

$$t_3=\frac{4\times1100\times1.41}{400\times0.7254\times\{36\times(1/4-0.001\times4\}}$$

$+1=4.95+1=5.95$　　9 mm を使用

12. フラクソータンクの附属設備と装置の操作

a. フラクソタンクのフローシートと操作

図7はフラクソタンク関係フローシートを示す.

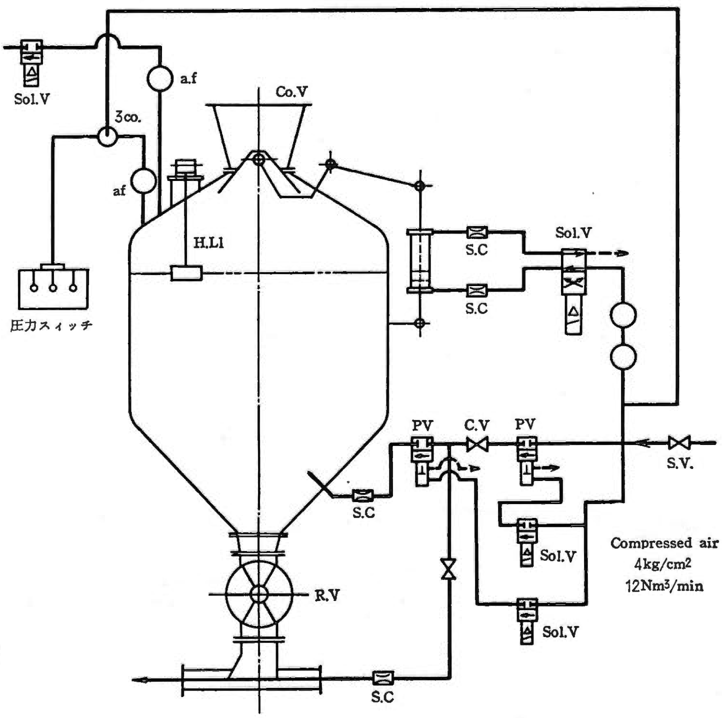


図 7 フラクソタンクのフローシート

操作は受入，輸送（中間輸送）（非常停止）

受　入　輸送が終り，槽内圧力が圧力スイッチの設定点まで下ると，圧力スイッチが働き

（1）　輸送空気ラインの電磁弁の励磁が切れ，輸送空気が停止し，輸送が終る．

（2）　コーンバルブと排気の電磁弁が開かれフラクソの上のスクリューコンベヤが輸送を始め，受入が開始される．

輸　送

粉体の受入れが終り，槽内に充満するとハイレベルモーターが作動しスイッチが入り

1．スクリューコンベヤの輸送が停止しコーンバルブを排気弁が閉じる．

2．輸送用空気ラインと槽内空気充填用の電磁弁が開き，空気のみ送られる．

3．槽内空気充填用の電磁弁は，槽内圧が設定値以上になると圧力スイッチが作動し，閉じる．

4．ロータリーバルブが回転を始め，輸送が開始される．

5．輸送が進むと，槽内粉体が少なくなり頭初充填した空気圧がそれにつれて減圧する．

6．槽内粉体がなくなり，槽内圧が設定値以下になると，圧力スイッチが作動し輸送が終る．

中間輸送

受入途中にも輸送が開始出来る様にする．

（圧力スイッチへバイパスを利用し，設定値以上の圧力を加える）

非常停止

事故等に依り，いかなるときでも停止出来るようにする．

b．コーンバルブ　　省　略

13．供給ロータリーバルブ

図8でわかるように，供給ロータリーバルブは，フラクソータンクの下に設置し，定量供給が絶対的条件として必要なものである．空気と粉体の混合比を一定にする上に当然な要求である．フラクソータンクからロータリーバルブへの流れ，バルブの効率（充満率，

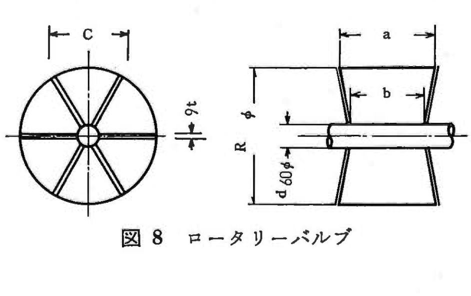


図 8　ロータリーバルブ

嵩比重の変化）等，実験，実測に依らなければ明確といえない問題がある．同一形式でも回転数の変化により効率が変化することに注意の必要がある．

1．形　状（イ）

$R_1=240\,\phi$　　$a_1=200$　　$b_1=160$

$d_1=\ 55\,\phi$　　$t_1=9$　　$c_1=150$

2．ローター容量

$V=V_1-V_2-V_3-V_4$

$V_1=0.785\times 24^2\times 20=9043.2\ \text{cm}^3$

$V_2=0.785\times 5.5^2\times 16=380\ \text{cm}^3$

$V_3=9.25\times 0.9\times 18\times 6=899\ \text{cm}^3$

$V_4=(\pi\times 2/3)(12^2+12\times 2.75+2.75^2)\times 2=772$

よって　$V=6992.2\ \text{cm}^3=0.007\ \text{m}^3$

3．充満率と回転数の関係

$\phi_1=100\%$　のとき　$\eta_1=1$　として　n_1　は

$$n_1=\frac{10.4}{0.54\times 60\times 0.007\times 1}=45.8\ \text{r.p.m}$$

$\phi_2=\ 50\%$　のとき　$\eta_2=0.5$

$$n_2=\frac{10.4}{0.54\times 60\times 0.007\times 0.5}=91.6\ \text{r.p.m}$$

n を10～15 r.p.m. が適当であるから回転数が大きすぎる．従つてスケールアップすることにする．

4．形　状（ロ）の検討　（イ）をスケールアップ

$R_2=300\,\phi$　　$a_2=250$　　$b_2=200$

$d_2=\ 60\,\phi$　　$t_2=9$

$V_1'=17662.5\ \text{cm}^3$　　$V_3'=1458\ \text{cm}^3$

$V_2'=\ 565.2\ \text{cm}^3$　　$V_4'=1460.1\ \text{cm}^3$

$V'=V_1'-V_2'-V_3'-V_4'=14179.2\ \text{cm}^3$

$=0.0142\ \ \text{m}^3$

$\phi_3=100\%$　のとき

$n_3=22.6\ \text{r.p.m.}$

$\phi_4=50\%$

$n_4=45.2\ \text{r.p.m.}$

再度スケールアップして（ハ）とする．

$R_3=400\,\phi$　　$a_3=300$　　$b_3=250$

$d_3=70\,\phi$

$V_1''=37680\ \text{cm}^3$　　$V_3''=2450\ \text{cm}^3$

$V_2''=\ 962\ \text{cm}^3$　　$V_4''=2524\ \text{cm}^3$

$V''=V_1''-V_2''-V_3''-V_4''=0.032\ \text{m}^3$

$\phi_5=100\%$

$n_5=10.03\ \text{r.p.m.}$

$\phi_6=50\%$

$n_6=20.06\ \text{r.p.m.}$

以上のことから計算としては，回転数 10 r/m.

羽根周速度 0.21 m/s のとき，ロータリーバルブの効率は 100％と考えることが出来るが，しかし，形状が少し過大の傾きがある．よって，形状（ロ）を採ることにする．

5．駆 動 装 置

（ロ）による使用電動機の適当な選び．

使用電動機　バイエルサイクロ可変減電動機
$EHB\ 2-563FM\quad i=1/11$
32.7～130.9 r/m

小鎖車回転数　50　r/m～100　r/m

大鎖車回転数　22.6 r/m～ 45.2 r/m

回転比　$i=\dfrac{50}{22.6}=2.2$

小鎖車　RS 100　歯数 13

大鎖車　歯数　13×2.2≒30

14. バッグフィルターの設備　　省略

15. バッグフィルター下スクリューフィーダー

1．貯槽容量・充満に要する時間（作動周期）

$V=0.9\times0.4\times0.585=0.21\ m^3$

空気輸送1回当りの輸送量　0.8m³

バッグフィルターの回収率が 30％とすれば

空気輸送1回当りの回収量は

$q=0.8\times0.3=0.24\ m^3$

空気輸送の周期は　12分/回　であるから

スクリューコンベヤを連続運転したとして，その所要最少輸送能力は

$Q=0.24\times60/12=1.2\ m^3/h$

$G=\gamma Q=0.54\times1.2=0.648\ t/h$

この場合バッグフィルターの回収率を30％としているが，これは仮定によるものである．スクリューコンベヤの能力を増し，回収率が40％になっても充分条件に応えられるものとして設計する．尚，間欠運転等の方法を行じておく．

2．決定された輸送能力によって，コンベヤの形状回転数を定める

能　　力　$1.6\ m^3/h$　　ピッチ　200

スクリュー　$200\phi\times90\phi$

切り欠き係数　0.2

軸回転数

$$n=\frac{Q}{A\times K\times\varphi\times p\times60}$$

$Q=1.6\ m^3/h$　　$K=0.8$

$A=0.785(0.2^2-0.09^2)=0.025\ m^2$

$\varphi=0.2$　　$p=0.2\ m$

$$u=\frac{1.6}{0.025\times0.8\times0.2\times0.2\times60}=33.3\text{r.p.m.}$$

3．駆 動 装 置

使用電動機

$1.5\ KW\times4P\times1/30$: 60 r.p.m.

$i=60/33.3=1.79$

小　鎖　車　RS 80　13 T（歯数）

大　鎖　車　13×1.79=24 T（歯数）

あ と が き

一応主要部の設計をこれで終るが，輸送管内の流れに生じる現象について，資料の不充分さを感じた．

最後に御指導頂いた学科主任清水正夫教授，松尾保男助教授，便宜を計つて貰つた棚町知弥教授外紀要委員の教官方や図書室の富安計太氏，図を手伝つてくれた化学科学生上田洋，中村正雄，原秀章君に厚く御礼申上げる．

参 考 文 献

1．上滝具貞，西岡富士夫：粉粒体の空気輸送（日刊工業新聞社）

2．化学工学協会：化学工学便覧

3．日本機械学会：機械工学便覧

前校長　工学博士　誉田敏雄　論文目録（抄）

明治36年8月11日　生
昭和43年9月1日　就任
昭和45年11月6日　歿

昭和14・7	Entladungen im zwei geschichten Dielektrikum bei stoßspannung	……… Arch. f. Elek. **33** (1939)
昭和27・5	高周波電気映像の一形式（羽毛状図形について）	電気三学会連合大会講演論文集
昭和27・2	電気映像による高周波沿面放電の研究　第1報	熊大工学部研究報告　第1巻1号
昭和27・12	同　上　第2報	同　第1巻2号
昭和28・2	同　上　第3報	同　第2巻1号
昭和29・3	同　上　第4報	同　第2巻3号
昭和29・9	同　上　第5報	同　第3巻2号
昭和30・12	同　上　第6報	同　第4巻3号
昭和32・3	Research on the High-Frequency Surface Discharge	熊大工学部紀要　第4巻1号
昭和34・11	モンテカルロ法による真空管の取替について	電気四学会九州支部連合大会講演論文集
昭和35・10	TWT（4W72A）の劣化について	同　上
昭和38・10	トランジスタの劣化	同　上
昭和36・10	高周波沿面放電の進展機構に関する研究	学位論文（九州大学工学部）

他26篇

一　宮仕成能　今日　傍輩共召籠云々　これも盗人之儀也　自今日　番承仕
随増子竹夜叉丸也
一　自明日　可有御結済候　十二日御輿迎　十五日還幸之事　被相触了　服
者　十二日両人　深慶　鎮慶　十五日服者　慶誠　慶済　禅慶　明余（カ）也
然之間　此人数除之　任例　自松梅院雇人也
十日　自今日　皆々潔済也　御霊会廻文相触也」
一　成能法師逐電之由風聞也
一　鞍馬七観音　南薬師　次郎五郎代ニ参詣　珍重々々
十一日　御損色在之　年預参向　禅親不参懃　禅慶註之　神輿御餝紛失　羅
網鈴　二十五　御幡鈴　十二　花幔鈴　十　上巻　三　以上　皇子殿紛
失　羅網鈴　十八　御幡鈴　十五　上巻　二　ツハメノ口玉　三　以上
一　年預松梅院へ参而　色々佗事致沙汰也
一　松梅院風呂煎数在之　珍重々々」
　宝徳元年十二月十日　西塔院釈迦堂閉籠衆議曰
　　早可相触北野公文所事
[事書省略]
∨
一　此事書　公人松梅院へ持参而酒直ハ不取云々　不閉門而只祭礼抑留計也
此子細肥州方へ註進候処　聽而可申沙汰候　可用意之由　返答在之
一　事書之趣ハ不触色掌人　其故ハ可被執行之由　自肥州方申之間　不及相
触也
十二日　社家奉行方被申之間　此事書扣出也
　宝徳元年十二月十二日　山門西塔院閉籠衆議曰
　　早可相触北野公文所事
[事書省略]
∨
一　午尅　神輿出御　拝殿　　已後御神宝已下如先々奉出　毎事無為珍重
々々　小預酒肴如先々　随琳指合候間　二和尚成尋（カ）着鈍色　　役致沙汰
為後証記置了
一　院へ三百文持参之　大酒在之　建祐三綱之事申之間　松梅院へ申候
処　領状也

十三日　昨日師子色々就西京出銭事断申之　就松（カ）梅（カ）院請之　先無為珍重々々
十四日　雪降　無是非也　大湯屋ニ風呂在之　自今日　番承仕成堯法師也
近比継番也
十五日　自山門又奉書到来　以平木肥州方催促也　言語道断儀也　夜前舎利
堂之儀　毎事無為珍重々々　禅慶御神服請取之　御餝人数事
聖禅　承禅　禅孝　幸充　禅竊　禅長　禅舜　幸忠　祐舜　明雅　禅親」
一　餝神供御拝膳　禅孝　老松御拝膳　禅竊也
（肥前奉書也）
北野宮還幸事　山上事書趣披見了　仍申談宿老　彼折紙如此之上者　急
可被成申還幸之由候也　仍執達如件
　（宝徳元）十二月十五日　　　永□在判
　　松梅院
一　酉刻　渡物已下如先々　已後松梅院嘉酒在之　□幸儀秘神事無為珍重々
々　委細松梅院ニ」可被録也　次第不同ニ記置了
　宝徳元年十二月十四日　西塔院釈迦堂閉籠衆議曰
　　不移時尅可相触北野宮公文所事
[事書省略]
∨
一　如此事書到来之間　社家奉行方へ堅被申間　已外以奉書　山上折紙無為
ニ遵行也
一　御輿長と宮仕既可及厳科之処　無為珍重々々
十六日　節分也　御霊会如先々　奉行代禅孝　禅春代禅竊也　力者両人三百
文　御童子弐百文　続松四十五文下行之　昨日之宿意ニ御輿丁不参懃云
々　然之間　一和尚惣　上座惣無之」　前代未聞也　近曾はれかましき
法会云々　節分ニ御霊会当事　先例未勘也　先一様一平承在之
十七日　元三也　山門御八講在之　小預違例之間　御殿代聖禅　毎事内陣参
也　粉骨也 [以下省略]

（本稿は昭和45年度科学研究費による研究の一部である。）

八月一日　□□在判
宮内卿法橋参
(御返事也)
神幸無為　天気以下相応　惣別御大慶此事候　殊御祝着之至　察思食候」
尚々目出候　御悦喜之由　被仰下也　恐々謹言
八月一日　栄祐

一　餝神供　以主計　公方へ進上也　早朝也
一　晦日　此状　以主計　肥州方へ遣
明旦　神幸」
(奉書案文加判無之)
北野宮祭礼之時　四座駕輿丁人多召供　毎度及喧嘩云々　太不可然　堅
可被相触　次警固事　任例可被致沙汰由　被仰出也　仍執達如件
文安二　七月廿八日　永禅在判

朔日　三百文　大童一人
一貫文　力者五人
同四日　三百文　大童子一人
一貫文　力者五人
同五日夜　三百文　大童子一人
五百文　力者五人
二百文　辰房[頭カ]下行也」
以上三貫七百文也
是ハ悉皆　朔日より五日夜までの分也」
[半丁余空白]
所司代
四日
[以下空白]

〈資料21（続）〉

北野天満宮蔵『日記□　宝徳元□』ノウチ
御霊会関係記事。前稿ニ連歌記事ノミ紹介スミ。

一　甲斐濃州禅門　今夜如例御廻　云々
八日　於松梅院　御損色内陳役結済在之云々
聖禅　胤禅　禅孝　幸充　禅鸞　禅長　永乗　明雅　已上八人也
[宝徳元年12月]
宝徳元年十二月（八日）西塔院釈迦堂閉籠衆議曰
可早相触北野公文所事
右就今般神訴　既本訴已下数通之被成」御教書　忽開歓悦之眉[カ]処也　依
□本□　神事遂無為之節　抽一朝静□畢　護持上者　当社祭礼事　令開
門　点吉辰可有執行　然者　急可致其用意者也　但本訴已下未落居子細
在之　若　公儀停滞者　重可触遣哉之旨　衆議如斯
一　公人ニ酒直弐百文下行之云々　然間　在貞方へ日限事遣取也　年預方へ
随伝遣而　明後日」御損色　子細被申遣也
一　自今日結済　神慮之至也
北野宮祭礼日次
御輿迎日
今月九日甲申
十八日癸巳
還幸日
十二日丁亥
廿一日丙申
十二月八日　従三位　在　貞」
九日　立春以前之吉日　重而小畠相尋候処　十二日御輿迎　十五日還幸云々
然之間　其分相触了
一　祭礼始在之　千秋万歳　珍重々々

(状返事)
誠当社祭礼可為式日之間　目出候　仍彼要脚事承候　到来候　可進候
恐々謹言
七月廿三日　禅□在判
堀川忠殿　御返報」
一　神事始日　以小預　年預方へ　祭礼可為式日候　如先々　職掌人等ニ
可被相触之由申付事　先規也
一　召沙汰承仕　御子　大在神人等ニ同申付也
一　召両公人　西京申付也」
一　召成繁法師　大宿直へ申付　同　餝神供　早々可進上之由　堅加下知事
故実也
廿五日　霊会廻文　同相副目安　以両承仕　相触一社也
(年預案文)
祭礼料足事　連々進人之処　于今御無沙汰之間　率分所」堅歎申候　明
後日　雖渡給承候　不可事行之由申候　所詮　今日中　可渡給候　自然
闕御事候者不可然候之間　重而令啓候　尚々　期面拝也　恐々謹言
七月廿七日　貞　弘在判
松梅院御坊」
一　社家返事様ハ　祭礼料足廿五貫文事　先々モ晦日ニ進候事にて候　限当
年　如此承候　難意得之由　返事而　中々不能状　返事而　返使也　為
後証記置了
一　師子重而来而申様ハ　酒直事　為社家無御免之儀者　就是非　朔日神事
ニ不可参候由申　言語」道断次第也　然者　師子頭事ハ　廿日　朔日計
両日之外ハ　向後不可出候之由申　此子細　政所へも　以慶増法眼　申
談也　最少事の事故ニ　可及神事違乱事ハ不可然之間　先以濃談　如此
加下知也　中々彼等申子細共　一」事両様と云　先規ヲ破之　旁以沙汰
限事也　為後証記置也
廿八日　内陣役人数　雑用弐貫文　盛輪院方へ下行也　悉皆分也
晦日　年預方へ　料足　酉剋時分ニ渡之　為後証註置也

請取　用途事」
合弐拾五貫文者
右北野宮寺祭礼料足事　所請取如件
文安弐年七月廿九日　貞　弘在判
請取　北野宮（祭礼）御殿方祭礼軾代物事」
合陸百文者
右為　朔日（一日）／四日　両度分　所請取如件
文安二年八月一日　法　橋在判
一　六百文留而　廿四貫四百文　年預方へ渡候也
朔日　辰一点ニ　内陣役衆参懃也」毎事如例　珍重々々
一　禅能ハ当年聊指合之間　内陣ニ不参之間　自住坊出仕申也　したうつは
く也
一　力者六人　大童一人　召具也　鼻高□いつもはく也
一　朝ハ宮仕ハ不来也」
一　甲一点ニ　餝神供　如例参懃申也　然之間　宮仕共悉来　自坊中　出仕
申也
一　大宮御拝膳　禅能申之　祝申也　御幣大宿ヨリ進上也
一　老松御拝膳　禅空法印也　当年ハ御社無之間　御殿戸ニ御供調進也」
一　師子
一　田楽
一　一御鉾参而　錫杖始之　禅空　禅済差定也
一　大蔵省管(ママ)幣　二札　次禅能直ニ請取而　祝申之　次乱」声申　神幸也
(使　渡辺主計也)
一　神幸無為目出候　以此日　可然之様　可有御披露候　恐々謹言
八月一日　禅　能在判
飯尾肥前入道殿
神幸無為目出候　委細猶以」慶増言上仕候之由　得御意　可有御披露候
恐々謹言

一 老松殿　御拝膳　同雖為服者　依為外陣之儀　以禅能大徳参懃之
一 省掌酒肴　如恒例　進覧之
一 神幸　申剋　自先々　早速成神幸了　毎事無為　珍重々々
一 警固御雑色　小舎人等　如先々参向　酒直下行之　如先々　土倉役」
一 (朔日) 内陣灯明　如先々
一 二日　同前
一 三日　同前　同御所如先々為御見物　御車於可被立哉否事　以参上伺申入之処　如先々可有御成之由　直被仰下了　仍先々在所平松下　きり芝御掃除　以西京散在法師　沙汰之　毎事如先々
一 四日　渡物等如先々　(室町殿) 御所様　如先々　御車お」被立　御見物在之
一 還幸　酉刻　毎事無為無事　珍重々々
一 大蔵省官幣　為服者之間　於大床　禅尋申之
一 五日　御霊会　如恒例
一 相撲同前　奏明順法眼　秀慶大徳懃仕之　出仕一和尚明順法眼　上座一秀慶
一 (六日) 山門御八講如恒例

右近府加興丁等申　米酒尊以下課」役(在所注文相副之)事　及来一日北野宮神幸違乱之間　所被免除也　早可被下知之状　仍仰執達如件

応永元年七月廿八日　　左衛門佐 在判

御師松梅院法印御房

右近府駕輿丁事等申　紺持売事　多年無相違之処　当年始而　三条家雑掌押捕云々　所詮彼等諸業諸役」免除之条　帯永徳元年　勅裁　并同二年　応永元年　御教書之上　及来一日　北野宮神幸之違乱之間　重被免除了　早可被下知之旨　所被仰下也　仍執達如件

応永三年七月廿九日　　沙弥 在判

松梅院法印御坊

祭礼無為　毎事厳重之由　被聞食候　殊目出候　御自愛又被察思食候今日」法会御計会被察遣候　新発意　今度出仕始之由　被聞食候　返々目出候　毎事猶被期御参之時候之由　被仰下候也　恐々謹言

(応永四) 八月五日　　重舜

貞富院御房

応永五年三年一請会事条々注之［記事少ク、省略ス］

〈資料29〉　北野天満宮蔵。

［表紙］

文安弐乙丑年八月朔日四日 (花押)

祭礼引付　［花押見セ消チ］」」

一 当年祭礼　云社中式毎事不足　西京為躰云無力　可有如何候由　存之処為　公方　去年神事無之間　無勿躰被思食之間　何様にも目出可遂行候由　被仰出也　然之間　西京馬上七騎処　五騎ハ畧定分にて　弐騎可奔走之由　被仰出之間　其分申付之間　西京」地下人等　御請申訖　珍重々々

廿日　祭礼初如例　珍重々々　仍物忌札　任例　住坊門ニ打之

一 師子　酒直　先々無濔怠　出候処　当年　西京大宿直　酒直　為社家堅被仰付可給之由申之間」　問答ニ　先々如此之儀　加下知事　曾無之雖然　当年事ハ　西京之儀無力之間　申モ有其謂賦之間　以両公人　堅西京へ加下知　同大宿直へも　以成繁申付也　然之処　又師子申様ハ計会之間　酒直ハ不可進候由申条　無是」非次第也　然之間　任例　抑留師子頭也　先規也　故実也

一 小預西京五保より　**師子之録**　四貫四百文出之

(状案文)

当社祭礼可為式目之由　示給候　珍重存候　何様可示申候　就其率分所催促仕候・料足事御下行候者　目出也　恐々謹言

七月廿三日　　貞弘 在判」

松梅院御坊

事之由　及訴訟　若所申　社家無許容者　廿日祭礼初神事　不可参懃之
由　十六日来申之間　加問答云　社家下行物　不違往古　西京大宿禰下
行物　其又無子細云々　以何篇　可及敖（ママ）訴哉　祭礼儀則毎事朝儀也　冝
為所存　且此此分可注進　公方厳密可被誡之由」堅可申入之間　加問答
返了　赤頭学頭　廿日早朝来申云　若者共不知故実　比興事申上　不
可然候　於行貞ハ　今日御神事可致参懃之由　歎申之間　以撫民之儀
可致沙汰之由　加下知了　残二頭同来申　歎申入　如先々　致其沙汰了
師子酒肴等　毎事如恒例

一　同日　以両公人　西京大宿禰　如先々来　朔日餝神供　早々可調進之由
大宿禰相触了　一御鉾等早々可度之由　同加下知了　可存其旨之由申之

一　廿三日　右近府加輿丁少々来申　来一日　何時可参向候哉之由申之旨
午刻可参向之由　加下知了　兵士長」具足等　堅可斟酌之由仰含了

一　同日　以預法師　木辻田路造事　二三条沙汰人令下知了　御路ハ一丈分
可造道之由　加下知了　若為無沙汰者　就現地　厳密可致其沙汰之　且
又沙汰人可処罪科之由　堅相触了

請取　用途事
合弐拾伍貫文者
右北野祭礼料足所請取如件
応永四年七月廿八日　　年預　時　弘　在判

一　神宝持装束　図師　年預時弘　以折帋来取之間　則渡遣了

神宝持装束　可給渡候　恐々謹言
七月廿九日　　時　弘　在判

一　曾駒　道張　装束　大皷　征皷等　自今日　番承仕預渡了　随定法師
一　御旅所道造事　重以預法師　二三条沙汰人　沙汰人等許ヘ加下知了
一　御霊会廻文　七月廿五日　書出之
一　御八講僧名　同廿九日　廻請」

北野宮寺
咒講
俊芸法印権大僧都　／　教雲法印権大僧都
昌慶法印権大僧都　／　請憲法印権大僧都
（俄病悩之間故障　仍重俊大法師被召加了）
直海　已　講　／　崇運　擬　講」
木直　大　法　師　／　道賢　大　法　師
親宣　大　法　師　／　幸海　大　法　師
右恒例秋季御八講　可為来八月六日辰一点　各可被参懃之状如件
応永四年七月　日　法眼和尚位　禅　尋
別当大僧正法印大和尚位　」

（状案文）
御八講僧名　任例進上之候　如先々　可有申候沙汰候　得御意　可有御
披露候　恐々謹言
七月廿九日　　禅　尋
梅察上座御房

一　一日　四日　大蔵省軾代物六十疋　八月一日早旦　沙汰之

請取　北野宮御殿方祭礼軾代物事
合陸百文者」
右為両度（一日　四日）分所請取如件
応永四年八月一日　　法　眼　在判

一　今日　旬神供　辰剋備進之　御拝膳　増禅法眼
一　御戸開在之
一　御神楽奏之
一　神輿出御拝殿
一　師子舞之　次田楽
一　次餝神供備進之（四月八日）法印他界之間　依為服者」御拝膳　以禅円
法眼懃仕之

幸承法印権大僧都　／　尋海法　印
敬海法　印　／　宏運已　講」
維什大法師　／　木直大法師
親宣大法師　／　親宣大法師
勢運大法師　／　恵詮大法師
賢蓮大法師

右恒例秋季御八講　可為」来九月五日辰一点　各可被参懃之状如件
明徳三年八月日　執行法印大和尚位　禅　厳
別当権僧正法印大和尚位

御八講廻文進上之候　如先々　可有申御沙汰候哉候　得御意　可有御披
露候」哉　恐々謹言
八月廿九日　　禅　厳
梅察寺主御房

一　大御前加与丁無人之間　三的木本にて打落申之由　有其聞之間　則御旅
所へ参　見知申候了　御蓋ノ」懸金　破損　御桂カウへ　聊令損給之間
能漆(カ)ニテカタメ申之間　無子細坐御云々　珍重々々
昨日　神幸無為　先日出候　就其者　大御前加輿丁無人之間　忽欲及重
事候　言語道断之次第候　併御無沙汰之故候歟　無勿躰候　所詮　厳密
可」被処罪科　若御無沙汰候者　公方へ可申入候　且不参輩候者　可注
給交名候　委細以公人令申候　恐々謹言
（明徳三）九月一日　　禅　厳
堀川判官殿

一（同）今日　御金物以下取放申了
一　同二日　内陳灯明如例」
一　三日　祭礼等毎事如恒例　**大宿禰渡物**　先々超過　驚耳目了
一　同勅使　如先々　新少納言長方参向
一　同四日　御霊会　如先々
一　**師子**　田楽等　如先々参懃之　**相撲**　如先々
一　**無楽無之**　但楽人雖参懃　伶人依不参無之　為向後　公方へ申入　厳密
可申沙汰云々」
一　**相撲奏**　祐快法眼　御霊会導師云々
祐陽大徳　両人懃仕之　為上座一云々
一　五日　山門御八講如恒例
同日　伶人参　歎申云　沙汰者法会日限分明不申之間　不参懃云々　然
者今日可遂其節由雖令申　就法会舞楽也　翌日舞楽不知其例　所詮　為
向後厳密ニ可被処」罪科之由　公方へ可申入之由令返答了　以外歎申了
社家奉行飯尾善左衛門尉　依病気　御沙汰遅々
一　小預随性法師弟子随浄死去之間　依為服者　御旅所神殿西寄ニ仮屋ヲ打
祗候云々　便宜宮仕少々相語　召随了　仍当社御内陣御戸開　灯明等
小預法師歎申之間　為」当職計　以俊祐法眼参懃(ヒ)之　毎月御舎利講已下
御戸開手替也　仍四日　伝借惣一不参　小預服者之間　同以俊祐備進之
一　率物所酒肴　如先々
一　同師子酒肴同之
一　大座神人酒肴同之」
一　両日之神幸　小舎人雑色祗候　如先々　廿九日　酒肴二貫文下行之　土
倉役也　同三日　酒肴二貫文同下(ママ)行之　同役也　先々ハ祭礼之時者　一
貫文雖令下行　今日大勢参懃面々紛骨之間　二貫文下行之　当年始なり」
（明徳三年十月十三日）
一　氏長者防城左大弁宰相秀長卿　神拝在之　後車二輛　侍二人　雑色以下
僮僕如先々　御師明尊祝申之　大床東二間ニ御着座　御座正面ニ　御師
用意之　日隠間　令立給　畳ノ敷様参差之由　御師ニ被仰　俄敷直　東
二間敷之　無故実之至　比興々々　長者相」続当座次事　長者以来及三
ケ度云々　神慮之至　無比類者哉　長綱卿子息（彼卿）也　去夏比円舜
之間　則被遂神拝了
明徳三年十月十三日戌刻

［応永四年祭礼条々］

一　応永四年七月廿日　祭初在之　**三座師子**　社家下行物為少事　難随神」

北野社御祭礼日　重注進状　先度注進ハ　御輿迎
御輿迎日　為例日之間　重公方へ申入　延
今月廿九日戊寅　引了　任此注進状之間　毎事申
御祭日　沙汰了
九月三日辛巳
八月九日　刑部卿　有　世」

料足千疋進上仕候　以外雖計会仕候　御□計無余日候歟之間　先祭礼料
之内を進上候　又有世注進日限　廿六日例日之間　公方へ申入候て　注
進書直候　御輿迎　廿九日　祭礼　来月三日　仍日限注進状案文進上候
得御意　可有御披露候哉　恐々謹言」
八月十日　禅　厳
（袖書）御所出仕之間　御使相待候　仍遅々可得御意候

仍同十日　以此注進状案　諸座神人等相触　年預時弘許へも　以両公人
（小預随性法師　成喜法師）送遣

一　御霊会出仕廻文　八月十八日　書出了」
定
来九月四日　御霊会　請僧着座次第
右　方　左　方
定禅法印　暹慶法印
明什法印　禅円法眼
舜慶法眼　宏禅法眼
慶承法眼　性忠法橋」
祐清法眼　玄禅法眼
祐什律師　光承法橋
祐陽大徳　明厳法橋
幸承法橋　承能大徳
祐静大徳　禅賀大徳
秀慶大徳　明澄大徳

右各無懈怠　可被参懃之状如件」
明徳三年八月日　執行法印大和尚位　禅　厳

相国寺供養師子曲料　当社師子頭事　万里小路大納言奉書如此　可借進
之由　可令相触給之旨　被仰下候也　恐々謹言
八月廿六日　顕　円
大納言法印御坊」

相国寺供養　可有師子曲　北野社師子頭　可借渡之由　可有御下知候旨
其沙汰候也　恐惶謹言
八月廿五日　嗣　房
竹内御坊

一　相国寺供養　廿八日在之　当社赤頭　同廿七日出了　師子行貞参上　請
取申了」

一　神輿御輿迎　同廿九日在之　儀式如恒例　仍師子学頭　今度相国寺供養
曲新頭ニ被仰之間　当社赤頭行貞歎申入之間　以中山中納言家　室町殿
執申之間　無子細　赤頭学頭ニ被仰付了　社家光花　何事如之哉　仍今
日（廿九日）為今度無為　御悦申　以相国寺供養」装束　法楽仕了　言
語道断之厳儀　驚耳目了　就中　大頭赤頭　昨日大儀無為之為御礼　当
社法楽已後　室町殿奉行万里小路大納言家　中山少納言家参申入之間
時刻うつるあいた　新頭早参之間　今朝　為法楽　赤頭遂其節上者　就
遅参　神幸移時刻之間　新頭」計一頭舞如先々　成神幸了　時宜如先々
云々

一　小預法師随性弟子　随浄死去之間　依服者　今日　内陣御戸開　為当職
計　為俊祐法眼代官　致其沙汰了　御旅所ニ御座之間　内陣御灯以下如
先々致其沙汰了」

一　山門御八講廻文　今日廿九日　回請了
北野宮寺
嘱請

（菅原庄分）
請取　用途事
合伍貫文者
右三年一請会菅原庄役内所請取如件
明徳三年八月五日　年預　時　弘 判
只今参候て申承候　喜入候　兼又料足五貫文可給之由承之間　則請取進
候」承候万疋請取　同進之候　毎事期面拝候　恐々謹言
（明徳三）八月五日　時　弘 判
（御方）北大路殿
自是欲申候之処　預御使候条　恐入候　兼又　雑人装束　本様進取候
諸事入見参　申承度子細候　御隙時分承候て」可参申　毎事期面拝候
恐々謹言
八月四日　時　弘 判
（御方）北大路殿
雑人装束本様注文
一　曾駒皆具
一　道帳各一具
一　神宝持退紅各一具」
以上
一通進之候　此事御出京之後可伺申之由　今朝雖令申候　此間　当社事
連々御申候上者　不可答候歟之間　先管領へ申候之処　不可有子細　可
伺申旨　御返答之旨　則披露之処　上意無子細候き　目出存候　可有御
祝着」候哉　心事期参拝之時候　恐々謹言
八月七日　（飯尾善左衛門）為　清 判
御坊中
当社祭礼遂行御教書　早々申御沙汰目出候　可相触諸座神人等候　且可
申入社務候　委細旨可参申候　恐々謹言」
八月七日　禅　厳 判
北野宮寺祭礼事　任刑部卿有世注進之日限　相触色掌人等　任例可被遂
行之状　依仰執達如件
明徳三年八月七日　右京大夫 在判
御師松梅院御房」
北野社御祭礼日　此注進　廿六日　御輿迎
御輿迎日　為例日之間　廿九日　御
今月廿六日乙亥　輿迎延引　九月三日　祭礼
御祭日
廿九日戊寅
八月七日　刑部卿　有　世
当社祭礼日限事　公方御前書」御教書之趣　入見参了　可為来廿六日之
旨　被仰諸座神人等　可致遂行之由　可令相触社家給之旨　被仰下候也
恐々謹言
八月七日　顕　円
大納言法印御房」
（両度加之）
請取　用途事
合捌拾貫文者
右北野三年一請会料足内　為菅原半分役　所請取如件
明徳三年八月九日　年預　時　弘 判」
請取　三年一請会　禅浄衣并神宝検知一献引出等代物事
合弐拾貫文者
右所請取如件
明徳三年八月九日　神殿大預法印 在判」

為肝要候　尚能々可被擇候哉　康永　依山門訴訟延引例は　社家記禄ニ（ママ）
留置候　得御意　可有御披露候　恐々謹言

七月十四日　　禅　尋

自是可申入候之処　先立而預御使候　悦存候　兼又三年一請会料之内」
六拾貫文之請取書進候　忩々諸道犇ニ可下行候　毎事期参拝候恐々謹言

七月廿二日　　時　弘判

請取　用途事
合陸拾貫文者　笠間保分
右北野三年一請会料足　菅原半分役」捌拾貫文内且所請取如件
明徳三年七月廿二日　　年預　時　弘判

先日預御使候之処　物罷出候之間　不申御返事之条　恐入候　兼又（カ）三年
一請料足内参千疋之請取進之候　又先度六拾貫文之残四百疋　相共可有
之由　承候之間　進取候　度々分　今まて万疋請取申候　皆納」請取者
一度ニ可進候　毎事期後信候　恐惶謹言

七月廿八日　　時　弘判

則三千四百疋渡之了

一　**祭礼始　師子**（七月）今日廿八日　遂行之　則是等子細　等持院へ参上
申入　則懸御目了　神幸日時　為公方可被計」下之由　内々以中山中納（カ）
言家（親雅）申入　此折紙　今日廿九日　禅尋持参彼卿亭　早々可伺申
之由　返答云々

（折紙案）
北野宮祭礼　依天下触穢延引事
嘉保元年七月十二日　依関東二位殿御他界　式日延」引　八月廿二日
御輿迎　同廿五日　祭礼遂行之
嘉元四年七月廿日　関東御息所御他界　式日延引　八月廿七日　御輿迎
同卅日　祭礼遂行之　社家法会等　九月一日遂行之」
元亨四年六月廿五日　後宇多院崩御　式日延引　八月廿日　御輿迎　同
廿三日　祭礼遂行之

請取　用途事
合三十貫文者　笠間保分
右北野三年一請料足之内　所請取如件」
明徳三年七月廿八日　　年預　時　弘判

一　八月一日　御輿迎延引了
一　同二日　大座神供（人）調進神供　同延引了
一　同五日　**御子神供**延引了

昨日預御使候之処　当番祗候之間　則不申御返事候　兼又参千疋進請取
候　明日御隙候者　令参委細申」談度子細候　心事期面拝候　恐々謹言

（明徳三）八月二日　　時　弘判

北大路殿

（菅原庄分）
請取　用途事
合参拾貫文者
右三年一請会料足内所請取如件
明徳三年八月二日　　年預　時　弘判」

三年一請会料足内三千疋　付廻令進之候　明旦は朝程聊指合事候　毎事
期面拝候　恐々謹言

八月二日　　禅　尋判

請取　北野宮神輿三年一請会料足事
合佰貫文者
右為笠間保所役所請取如件」
明徳三年七月廿五日　　年預　時　弘判

其後は不申承候　何条御事御座候哉　抑三年一請会事　可為何様候哉
一七日も過候へハ　伺申され候て　実否存知仕度候（織手事也）司申候
成来月候て　上旬なとに被行候ハんするには　織物共不」可叶候　料足
内々可用意仕之由申之間　不可然之由　厳密ニ鼻をつかせ候　卅日之間
ハ　善悪糸一筋にても不可懸申手之由　堅申含候　自然　御坊へも参候
者　此分可被仰候　尚々　日限事　早速御伺是候者可目出候　毎事期参
拝之時候　恐々謹言」

七月三日　　時　弘

（御方）北大路殿

只今　自是可申之由存候之処　重御使恐悦候　抑三年一請会事　穢限中
糸一筋も用意申候ハんする事　不可叶候　今ハ伺申事はやく存候　とて
も三十日之間ハ　如此用意等」事不可叶候へハ　其已後　日限事　可伺
申入候　織手事来申候者　能々可加下知候　此御状之趣　尤以可然候
尚々　重御使悦入候　恐々謹言

（明徳三）七月四日　　禅　厳判

一　明徳三七月五日戌刻　向西乾方　御霊御出現在之　仍同六日　等持院へ
禅尋」参上　委細申入了　法印注進状案

去夜戌刻　向西乾方　御霊御出現候　可然之様　可預御披露候哉　恐々
謹言

七月六日　　禅　厳

朝日九郎殿

同管領も御祇候之間　懸御目　委細申入候　殊目出被思食之由　同承了」

一　今晩　御手水　依天下触穢　停止之
一　同七日　内陣御供備進　外陣　内陣役備進之　仍直会　配分如先々
一　七月十三日　禅尋　就祭礼并三年一請会延引事　等持院参上　申入云
此御日数　卅日候者　廿六日まてゝ御座候　来月　祭礼并三年一請会ハ
恒例祭祝（礼）計候者」式日遂行不可有子細候　当年相当三年一請会候
先々三年一請会之時も　七月ニ入候へハ　神服以下用意申入候へとも
天下触穢候之間　穢限中ニハ　糸一筋もこしらへ申さぬ事候間　此分織
手ニ堅雖申含候　諸道之輩ハ不可憚神慮候之間　年預時弘織手許へ罷向」
御糸以下検知申納ヲ付申候　穢限已後いかにいそき申入候とも　廿日計
の可為日数候　可為何様候哉之由申入之間　先規様被尋下之間　依天下
触穢延引之例　及数ケ度候　其外山門訴訟　又天下動乱之時延引之例
及数十ケ度候之由申入間　其上はともかくも　為社家可計申入之由」被
仰下之間　穢限已後　御神服等　忩申入　御神服随出来　重可申入之由
内々被仰下之間　神服等可織立申之由　日数　年預時弘相尋　日時重而
可言上之由申入、退出了　則時弘ヲ召寄　事子細仰含了　昨日御参御本
意候　等持院状参　可然候　天下触穢近例共事御記」共被撰候　被撰出
候者忩可被遣之由候也　恐々謹言

（明徳三）七月十三日　　重　舜

先度委細言上仕候　抑今朝等持院参上　祭礼等延引事直ニ申入候了　先
規之様被尋下候之間大概申入候　所詮為社家可然之様被尋下候者」　可
計申入之由被仰下候　時宜無子細候　殊目出候　此上は公家武家も申事
もあるまじく候　穢限已後　御神服等忩申　随其出来　祭礼遂行之時分
重可申入案内之由　被仰下候之間　年預時弘相談　重可言上之由申入候
それにつき候ても　黄儀門院御例　早々」一帋可被撰下候　毎事可参上
候　得御意　可有御披露候　恐々謹言

（明徳三）七月十三日　　禅　尋

梅察寺主御房

祭礼延引近例　不被撰出候　被引付候ハぬけに候　康永　依山門訴訟延
引分ハ委細候　被記置候　是ハ非天下」触穢分候之間　不為肝要候歟
然而可為御用候者　重可被写遣候由　被仰下候也　恐々謹言

七月十四日　　重　舜

貞福院御房

委細被仰下候　畏入候　可存其旨候　今度之儀ハ　天下触穢　傍例」可

此間久不申入之条　不審無極候　一両日間必々可参候　抑当年　相当三
年一造候　今月八日　御そしきにて候間　可参申候之処　自去月　持病
并発事候之間　未得□候　余無音候之間　先以状令啓候　今一両日之間
参候て可申談候　将又銅細工更ニ無申旨候　自御内可被仰候哉　諸事期
面拝之時候　恐々」謹言
　　（明徳）五月二日　　　　　　　　　　年預　時　弘
　（御方）北大路殿

自是可申之由存之処　御音信為悦候　抑三年一請会事　先立之儀　毎事
以外参差事候き　臨期申候者　忽可為御生涯候之間　閣是非申沙汰候き
就中」送註進不被制渡候　希代事候　其子細度々雖申候　御無音無勿躰
候条々　非面者難申尽候　又金銅工事　今更不及申候　可召進候　且八
日可用意由　可令下知候　恐々謹言
　　（明徳三）五月二日　　　　　　　　　　禅　厳

一　八日　神輿御損色　如恒例　法印着付衣」　年預装束如例　御損色之間
　軾畳敷之
一　大御前御金物等不令損給　但御鳳クヒ破損　上御綱ノクリカタ紛失　幡
　花鬘　羅網等ノ鈴　少々紛失
一　王子殿御金物等　一事無紛失　同鐃鈴少々紛失歟　諸道輩如先々参向
　毎」事如恒例　珍重々々

御損式無為無事目出相存候　兼又参候て　及種々御沙汰候之条　殊以祝
着無極相存候　其子細　今朝早々可申入之処　御酒ニ給酔候て令遅々候
之条　恐入候　何様重可参申入候　又諸道輩事　神輿造替之時　下行候
様ニ申候　先度は初度（カ）」候之間　為事無為下行候　今度は諸事申談候て
可致沙汰候　先而　音谷塗師　今朝も来候て　歎申入候へとも　未領状
候　其由可有御心得候　事々期面拝候　恐々謹言
　　（明徳三）五月九日　　　　　　　　　　時　弘
（御方）北野殿」

誠昨日御損色　毎事無為　珍重々々　兼又諸道輩事承候　ともかくも可
為御意候　但金銅師ハ聊加扶持事候　可得御意候　毎事期面拝候　恐々
謹言
　　（明徳）五月九日　　　　　　　　　　禅　厳（ヒ）（尋）

依無指事　此間不申入候　抑三年一請料足事　未無到来候哉　菅原庄」
半分方より　楽頭方より　今日　弐千疋致沙汰候　諸道物等ニ配分可下
行候　先日如令申候　御錦綾以下　堅可加問答候　申子細候者　御心得
候て可被仰候　明日ハ例日之間　明後日御隙候者　参候て委細可申承候
毎事期参拝候　恐々謹言
　　（明徳三）六月廿一日　　　　　　　　　　時　弘判」
　（御方）北大路殿

昨日御状委細拝見候了　兼又三年一請会料之千疋　今日可有御沙汰之由
承候之間　進請取候　自貴方御沙汰分ハ　万八千疋候之間　如此少事つ
ゝ御沙汰分にてハ　諸道下行不［以下空白］」
［半頁弱空白］
一　六月廿五日夜　将軍家（号室町殿）雖為御継母　如御母儀（大御所と申
　先公之御台所ニ御座（ママ））御他界　仍天下触穢之間　年預時弘ヲ召　仰云
　今度穢限可為卅ケ日之間　来七月廿五日マテ云々　然者　無余日　織物
　已下不可織立之間」当年　三年一請ニよて　祭礼可有延引歟　御帳　御
　錦綾已下　穢限中より　不可織　堅織手ニ可加下知之由　令問答了　愆
　罷向　堅可申含之由申之　此等子細　室町殿へ申入　任被仰下　可有其
　沙汰云々　当年三年一請云　為当職之間　其子細　廿五日早朝　法印
　室町殿参上　申入了　雖然　就神事　可言上有条之間　禅尋為」御訪室
　町殿参上了　則懸御目之間　依触穢　各別在所旅宿了　殊更雖為天下触
　穢中　室町殿御色お御着用之間　依為乙人　禅尋ハ各別了
一　六月卅日　御舎利講　依此御穢　御戸開停止之　講演等如恒例
一　七月一日　中門参　同停止之　忌枝計立之」　祝計申之
一　同鎮祭備進外陳　如先々

一 同刻　田楽後　餝神供備進之　老松殿備進之後　御幣申之　軾代物進上
之　当職取之　御前御拝膳　禅尋為代官勲仕之　老松殿同　為代官禅順
勲仕之

一 其後　一御鉾参之後　神輿神幸　保々」御鉾　如先々参　大蔵省御幣
禅尋申之　毎事無為無事　珍重々々

一 為社頭警固　如先々　公方　両座公人　為侍所沙汰被召進之（赤松上総
介）　所司代（浦上）　酒直如先々　弐百疋下行之　西京土倉（一所）
境内土倉一所分　土倉別百疋」

一 御八講廻文　任例進上之候　如先々可有申御沙汰候哉　得御意　可有御
披露候　恐々謹言
　　八月三日　　　　禅　　厳
　梅察寺主御房

請取　御殿方軾代物事」
　合陸拾疋者
右為両度（一日　四日）分　所請取如件
　　明徳二年八月一日　　　　法　眼 判

一 二日　内陣御灯　如先々　大座神人神供　如恒例

一 三日　同

一 四日　祭礼如先々　（室町殿）御所様御見物在之」御車如先々平松下ニ
被立　社頭警固公人等　如朔日中門祗候　御所御車成程ニ　公方以公人
平松辺見物輩ハライ　所司代同祗候　前日　可有御見物哉否事　禅尋参
上仕伺申入了　色ふしの物とも勲而　可申入案内由　被仰下之間　公方
以公人　西京大宿」禰両所へ　早々令出仕　大宮の道ニ御車成後　可渡
之由　相触了　色ふし勲而　則以使者　檜柴方へ申入案内畢　不経時刻
御車成了　如先々　御車ノ成時分　馬場南鳥居ノ北脇　車へヨリテ祗候
被上御簾　其後」御車ヲナヲサル　眉目之至　無比類者哉　渡物過テ則
還御　御車ヲナヲサレテ後　ヤカテ参拝殿　法印病気之間　為代官　毎
事申沙汰了　就此病気事　条々忝御意ニアツカル　上意ノ至中〳〵無比
類之次第　非所及言詞之間　少々記之」

一 神輿還御　酉終刻　毎事無為珍重々々　大蔵省御幣如先々　則禅尋申之

一 今夜　四日　勅使菅坊城大内記長遠　被参之間　当職（執行）代官（俊
祐）参向之処　官幣未到　其間　雖奉待　及暁更マテ御幣未到来之間
勅使被退出（師弁法橋明尊）　坊へ被帰　御幣被催促之間　卯終刻」到
来　重勅使参向之間　俊祐参勲　爰　宣命計被渡　御幣之三拝モ無シテ
可退出之由　被仰之間　勅使御参者御幣御三拝アツテ可申宣命由　問答
申候処　近年無其例　御幣ハカイ取方ヨリ　番承仕ニ渡マテニ候　宣命
計ヲコソ当職へハ渡候へと被申」間　重申云　近年　執行不存故実之間
不申此分　以非例　往古例被破ハ　神慮尤以難測　御三拝之儀　アナカ
チ　為社家　眉目ナトノ事ニテモ候ハス　三拝無シテハ　イカテカ御幣
ヲハ可申候哉之由申之　殊更　他家御事ノ勅使御勲仕ノ事ニテモ候ハス
イカニモ神ノ威光ヲ令増給ハン」事コソ可然候へ　所詮為勅使只宣命計
請取申候へニテ候ハ　其又不可有子細　但御幣ヲハイカテカ無御三拝テ
ハ　可申候御幣ヲハ不可申之由　重問答申之間　所詮三拝申　御幣ヲ可
被渡之由　返答如此被仰之間　御幣役人不被用意之間　臨期計会無是非
可然之様可相計之由　被」仰之間　番承仕（成喜法師）ヲモテ勅使進上
之　三拝之後　勅使之手ヨリ　直ニ御幣ヲ給　宣命申之　退出之時　自
後年何様御幣役人以下令用意　可参向之由被仰　毎事無為珍重々々　退
出之時分辰刻

一 五日　御霊会　如先々」

一 師子舞　如恒例　其後　田楽　如先々

一 次　舞楽　次　法会在之
次　相僕　如例　其後各退出
模(ママ)　奏（暹慶法印　祐陽上座）［相撲奏］

一 六日　山門御八講　如恒例

　　［三年一請会事　明徳参申歳］
一（亥(ママ)歳）明徳三年五月八日　如恒例　三年一請会ノ御損色在之　内陣役
為当職計　門弟等参勲　三日精進　自六日沙汰之
　祐快法眼　晴禅法眼　禅円法眼　俊祐法眼　祐陽大徳　禅順法橋
　栄慶大徳　禅賀大徳　法眼禅尋　　　已［上］九人」

請取　御殿方軾代事
合陸百文者
右為両度分（一日　四日）所請取如件
康応元年七月晦日　　法　眼 判

（所司代状）
就当社御祭礼事　可参之由　被申付之間　可罷出候　仍懸身候ハんする」
在所事　委細御計候て可給候　為其　自侍所進使者候之由被申候　定参
着候歟　坊にても候へ　御堂にても候へ　可然在所事御計候て承候者
悦入候　明日何時可参候哉　委細可示給候　恐々謹言
七月卅日　　助　景 判」

四打程可有御出候
一日　神幸毎事無為如恒例　西京神人等　弓矢長刀鑓等悉停止　帯太刀計
一　加輿丁　御輿丁等　兵具一向停止了　侍所々司代　為警固参了　所司代」
者観音寺ニ宿　其外勢者大将軍堂宿　二手ニ用意　小舎人雑色ハ社頭左
右中門祗候　彼公人酒直者　社家西京土倉ニ懸　二百疋沙汰之
彼料之残千疋事　尚不遵行候」　定昨日公人申候歟　年預仰公人不便間
不顧時宜申入候　恐々謹言
八月三日　　禅　厳
御宿所

只今　於御所　唯禅加教訓候之処　領状申候了　此上者不可有子細候
御」催促候へく候　恐々謹言
八月三日　　（松田丹後守）貞　秀 判
北野御坊
仍政所方公人　以三人加催促　千疋　金銅師方へ責渡了

祭礼事　明徳二八

明徳二年八月一日　神輿出御之時分　西上長床　御正躰一面令落給
仍即注進之
去五月　鳩頸　鐘ツキ堂上アリ
陣官人申　摂州所領事　厳密可申」沙汰　神行両度供奉事　領状申上者
祭礼以後　早々事之様ニ可申候　此旨可有御下知候　恐々謹言
七月廿九日　　貞　秀 判
松梅院法印御坊

一　此等訴訟事　雖為大蔵省沙汰来」申　以別儀　公方へ可執申之由歎申候
間　禅尋　社家奉行松田丹後守許へ罷向之処　今日廿九日　毎月　御所
様　等持寺へ御出之間　出仕之由　留守者申之間　則令参歎申候趣令申
之間　公可申沙汰之由返答之　仍此状を先被出候　官人等所望之間　則
遣了」

（大蔵省年預時弘請取案）
請取　用途事
合弐拾伍貫文者
右北野社祭礼料足　笠間保役所請取如件
明徳二年七月廿九日　　年預　時　弘 判

退紅神宝持装束進取候　図師」丸可有御渡候　恐々謹言
七月廿九日　　時　弘 判
北大路殿御坊

一　八月一日　旬神供（辰剋）備進之　御拝膳（明禅法橋）
一　巳刻　神輿出御　内陣役　禅賀上座　性運上座　祐静寺主　祐栄寺主」
承盛寺主　秀慶都維那　祐運々々　継禅々々　祐能々々　明澄々々
承算々々　定禅法印　幸順法印　「暹慶法印　胤慶法眼　祐快法々(ママ)　明
順法眼　明什法印　晴禅
一　神輿出御已前ニ　御神楽在之　八乙女三人」神楽男両人
一　申刻　師子舞在之　次田楽

御教書文章等　不審之子細候とて　今日白昼　三塔会合候　是非領納可
依今日衆議候歟　大略者可有落居候　門跡辺御」纏頭　祭申入候之由
可有御披露候　恐惶謹言

七月廿四日　　　　勤運請文

白梅殿事　先度委細之言上仕候了　未参上候哉　無心元存候
抑御留守之請　畏拝見仕候　子細」候ハしと目出候　又只今西塔より
此事書到来候　今日落居候とも　例式相触歟之由存候　則参山御門跡之
由申候　実事候哉　得御意　可有御披露候　恐々謹言

七月廿四日　　禅　厳

（袖書）此事書可被返下候　社家奉行」方へ可遣候　先進上之候
（仕之処　時仏（ヒヒ）　蓮見来候間　雖其恐候　ナほ　就白方事　進上仕候
比興之至候哉　如此言上　時弘来申候）
（重厳密問答仕候）

廿日　祭礼始　依閇門　延引候了　仍今日吉日之間　如恒例致其沙汰候
目出候　兼又　先日言上仕候　鈍色白裳」表袴各三具　自明後日　可申
出候　雖其恐候　数輩沙汰出候之間　言上仕候　得御意　可有御披露候
恐々謹言

七月廿八日　　禅　厳

梅察寺主御房　　」

請取　用途事
合拾弐貫文者
右北野三年一請用却（ママ）　菅原庄役内且所請取如件
康応元年七月廿八日　　年預　時　弘 判

大せんの
一御うしろしやうし
わうしとの〻
一御うしろしやうし
一御ついたちしやうし
一大このわうこ
以上　　時　弘」

此色々遣了　御ついたちしやうしハ神輿ニつかせ給之間　無其儀
一　御内帷表差之様不審之由申之間　委細しるして遣了

（此四貫文ハ　当方内駒前村段銭京着八貫文を　少納言殿方へ四貫文遣之
請取　用途事　　分也　庄役ハ全不及沙汰　段銭分八貫文計
合肆貫文者　　両方へ分了）」
右北野社三年一請（ママ）　菅原庄役半分料足　所請取如件
康応元年七月廿九日　　年預　時　弘 判

一　残分千疋料足事　遣代官候者　自然可為無沙汰之間　今朝罷向　以昨日
之御状　今日　管領へ伺申候て」明旦催促立候て　可進之由申候　目出
候　恐々謹言

七月廿九日　　禅　尋

堀川判官殿

（袖書）無心元可被思食之間　如此令申候

一　西京神人并大宿禰神人等　長具足」停止事　以雑色　自侍所相触了　同
加与丁兵士事　年預許へ同停止事相触了

請取　北野宮祭礼料足事
合弐拾伍貫文者
右所請取如件
康応元年七月卅日　　法　印 判

奉行得分　号社家分　伍貫文　則請取了　都合三十貫文　為笠間之所役
沙汰之　凡祭礼料足請取者　年預可出之処　笠間年預請取不可用之由申
之間　依為事之煩　社家出請取了　但笠間社用等事　為惣奉行之間　諸
事致其沙汰了」

一　三年一請会料足内　為白梅殿御沙汰　三千疋可有御沙汰之由　時弘　勅載（ママ）を可申成之間　可為何様候哉之由　自竹内殿被尋下候之間　先年御沙汰之様　時弘許へ罷向　委細令申候了　凡白梅殿役として先々御沙汰之段　無子細云々　但貞治年中　安威入道奉行之時　三年」一請会料足ハ彼是二万五千疋也　菅原庄役万五千疋　残不足分ハ　境内西京酒屋土倉ニ被懸　一万疋分立催促　年預親弘渡了　其時　白梅殿役者　大政所修理料所也　毎度三年一請会と両様御沙汰之段　難治之由被申候之間　其分を酒屋土倉ニ被懸」除了　何様之次第　無勿躰之由　加問答候了　時弘申云　惣而三年一請会惣用ハ二万八千疋　白梅殿役を加候て　此分進申之間　親弘判官奉行之時　貞治年中及両度　二万五千疋為社家沙汰渡之由　種々加問答了　尚及異議之間　時弘所持文書召出　加」披見之処古ハ五万疋　四万疋　三万疋　其例繁多也　文保年中　二万八千疋分分明也　然　元亨　嘉暦両三度　以二万千疋申沙汰分歴然也　其分色々加問答了　ともかくも此上ハ社家ニ申談　可随仰之由返答　仍其子細　竹内殿御使少輔都維那弁豪令同道」　彼所存分具可披露之由令申候了　仍以状　時弘如此令申候也

只今入御恐悦候　就其白梅殿敷地役事委細承候了　時弘所存分具申候了所詮毎事申談之間　可然之様　可有御計候　其子細可参申候　兼又下品無極候へとも　蟷螂一疋（栗毛）引進之候」故　初而入御之間　雖比興候表申□者候　尚々今日入御不知　所謝候　何様可参申候　恐々謹言

七月廿三日　　　時　弘 判

（御方）北大路殿

三年一請会料足二万五千疋内不足」分万疋事　去貞治年中　為安威入道奉行并（両カ）往被経（カ）御沙汰　有御免洛中平均之果役被懸　仰社家西京酒屋白壁致其沙汰候了　今度　年預時弘捧二万五千疋之注進之間　不足分万疋事已永代被付其足候了而　号二万八千疋　白梅殿役可有御沙汰之由」参上之条　以外事候　縦白梅殿役御沙汰候とも　万疋内可成候　更ニ大蔵省方へ自公方不可有御下行事候　如此先規立を申候ハ　建武以来　二万二三（ママ）疋にて致其沙汰之条　及度々候　さ候ハ　先規を自社家も可注進候

白梅殿事も公方へ申候へと　堅禅尋問答仕」由　罷帰候て申候　其子細昨日　御使言上候哉　罷帰候て後　如此申候　相交佗事候へとも　時弘状進上之候　所詮公方へ無左右不可申候歟　可御心安候　得御意　可有御披露候　恐々謹言

七月廿四日　　　禅　厳

梅察寺主御房

」

（袖書）白梅殿役ハ三千疋之由申候

（西塔院使節伊与行事并公人一人　例式酒直下行也）

康応元年七月廿三日　西塔院政所集会議曰

可早被相触北野公文所事

児童舞楽儀　側任南都例　山門可致其沙汰之旨　及公儀　被申三門跡之間　吾山偏致鎮護国家精祈　止管絃哥舞遊宴之由」頻雖辞　不堪敢不預恩免之間　勧七社神輿之動座　及末寺末社閇門　爰当社者為医王山王本春　殊助和光垂迹化用　因玆　随本山下知　致社中遵行者　古今通規也然而近年為躰　恐　公方厳命　開閇門　進　神幸　先蹤在近誠而有余者歟　凡今般大訴者　既一山浮沈　三千欝陶也　堅閇門戸　可令抑留」祭礼　若尚不応衆命者　差遣公人等　令破却住宅　於其身者　可処厳科之旨　衆議畢而已

山訴事　就昨日之御教書　定神輿即可奉下候哉之由　被尋遺候之処　御留守請文如此候　可依今日之衆議候歟」　但よも子細候ハしと被思食候定無御心元候歟之旨　被仰候　又明日も可被遣人候　其左右重又可被仰候　兼又白事御問答之次第　落居分何様候哉　無心元候　其子細等　昨日　委細御教書被遣政所候之処　定無子細候歟　昨日御使方々御計会被事付」　遣候了　仍其後態被遣人候之処　御返事未到之間　無御心元候由内々其沙汰候也　恐々謹言

七月廿四日　　　重　舜

石見法印御房

誠今度山訴　以外及重事候之処　昨日御教書被成候　先日出候　然而

一 同廿日 事書到来之間 今日 **師子舞停止之**
一 内陣役座上十六人 幸順法印 定禅法印 近慶法眼 胤慶法眼 祐快法眼 明順法眼」 明什法眼 晴禅法眼 禅円法眼 舜慶法眼 宏禅法橋 (服者之間除了) 俊祐法橋 快承法眼 慶承法橋 増禅法橋 性忠法橋

二番

幸尊僧都 祐清法橋 慶意法橋 玄禅法橋 禅尋法眼 祐什律師 禅快上座 明禅法橋 光承法橋 明尊法橋 常慶法橋 承舜阿闍梨」 禅範上座 任秀法橋 祐陽上座 明浄上座

三番

明厳上座 禅順上座 明覚上座 幸承上座 栄慶上座 承能上座 禅澄上座 禅賀上座 性運上座 祐栄寺主 祐静寺主 承盛寺主 秀慶都維那 祐運都維那 承算都維那

一 廿一日 事書到来之間 令用意三番」 密々出折紙了 自明旦廿二日 可用意之旨 相触了 此三番内陳役者 神輿入洛之時用意也 任先例

昨日度々預御使候之条 悦入候 兼又菅原庄役 少納言殿分残五百疋事 令申楽候へハ 七十貫文ならては 当方へ不可進之由 申切候間 昨日於西殿参会」 少納言殿令申候へハ 其もこまさきの御役候 可有御沙汰之由 被仰候 可為何様候哉 忩可有御落居候 又万疋之残事 何様候哉 今銅師方へ可下行候 定其子細令申候哉 又自御方 菅原役之残廿五貫文ハ 司方へ可被遣之候 到来之時承候て 可進請取状候 毎事」期後信候 恐々謹言

(康応元)七月廿一日 時弘

(袖書) 御内帷 先々ハ練と存候ハ 造替之時 何様候哉 司令申候ハ 何も生にて候由 只今申 不審存候間尋申候 御返事委細可承候」

(折紙) 条々

一 御内帷事 練段勿論事候 尚々御水引外ハ何も可為練候
一 公方料足残千疋事 昨日も奉行方へ委細申候 今日可伺之由申候 明旦未(カ)明ニ御向候て 可有御催促候 御内閣申候て内者 切々申候者 可成款対候」

一 楽方庄役今五百疋事 駒前段銭沙汰事 到来之時 可相続候 所詮 当方料足も未到候 待入候 到来候ハ早々可申候 恐々謹言

七月廿一日 禅厳

康応元年七月廿二日 政所集会議曰

可早為公文所沙汰被相触祇園執行事

就 室町第舞童事 為山門之重事 一山之案否間 奉勧 神輿於陣頭 可曝骨節於 朝庭 然上者 任先規 賀茂川浮橋山王畠借屋 被催促之 可有遵行者也 若恐公方之権威 於被忽緒」衆命者 可有厳蜜(ママ)之沙汰 次為入洛 来廿四日之由治定畢 然者 如先々 末日御供并末寺末社催促可有登山之旨 衆議如件

神輿入洛可為来廿四日之由相触候歟 当社加与丁西京神人等事 任」先規 可申沙汰之由 可被相触給旨 被仰下候也 恐々謹言

七月廿二日 顕円

大納言法印御房

山訴事 昨日 被尋仰便宜輩候之処 若輩散々始終無心」元之由申候間 被驚思食候了而 只今青門辺被尋申候之処 落居目出候とて 御教書案文被写進之候 返々珍重々々 只今事書御不審候 若時分相違候哉と御推量候 於今者落居治定候歟 当社祭礼近々候之間 殊更 就惣別 御大慶不能左右候 兼又」自方事 先度以弁豪被仰候了 時弘御問答何様落居候哉 所詮ともかくも可然之様 被計申候者 殊御本意之由 其沙汰候也 恐々謹言

七月廿三日 重舜

石見法印御房

日吉御社参事 干今令延引了」 雖然 早速可有御参詣候 将又 京都門跡舞童被閣之上者 不日可被奉成 神輿帰座之状 依仰執達如件

康応元年七月廿二日 左衛門佐 在判

興泉院 」

一　土倉境内分（公方諸御公事雖有御免　為社家重事之間　不及異議沙汰之）
南舜光　　成阿弥　　伯耆跡
一　同酒屋　十ヶ所
一　西京分土倉　　能登倉　　日銭屋
一　同酒屋　四ヶ所」
一　土倉別　弐拾貫文　　日銭屋　拾貫文
一　酒屋別　壱貫文
一　社家西京十ヶ所之外ハ　為当職計除之　在所別帋在之
一　以政所下部三人　自　公方　直御問答之
七月十七日　被相触　一同領状申」
同十八日　年預直請取之　雖然　西京日銭屋ハ　室町殿御承仕唯禅法橋
扶持之間　可被閣之由申之　不及社家之沙汰　為　公方直ニ御借用之間
難相計之旨　返答之　然者　此分松田丹後守為奉行之間　可申試　其間
ハ先可止催促由申之間　先九十貫文　時弘方へハ請取」

神輿三年一請会事　所被付　加賀国笠間郷年貢　毎年三十三貫余也　以
此趣　祭礼以前可被致沙汰之状　依仰執達如件
康応元年七月十四日　　左衛門佐　在判
石見法印御房

三年一請会料足不足分事」已治定　返々目出候　御教書案文被御覧候了
惣別大慶珍重々々　此間申御沙汰　御心身返々被察遣候　土倉御借用事
被聞食候了　定不可有子細候歟　自方事　於今者　真実之御安堵候　殊
被悦思食候条々申御沙汰之次第・目出御本意」無極候　其間事　被期御
参之時候由　其沙汰候也　恐々謹言
七月十七日　　重　舜

請取　用途事
合弐拾貫文者
右北野三年一請　菅原庄役半分内且所請取如件」
康応元年七月十七日　　時　弘　判

請取　　三年一請会料足事
合玖拾貫文者
右自公方被沙汰下一万疋内且所請取如件
康応元年七月十八日　　年預　時　弘　判」

請取　　三年一請会　御殿方料足事
合拾貫文者
右為縄浄衣并神服等見知一献料分　所請取如件
康応永（元）年七月十八日　神殿大預法印　在判」

請取　用途事
合弐拾貫文者
右為三年一請会一献分　所請取如件
康応元年七月十八日　　神殿大預法印　在判

（一献分彼此三十貫文立用請取）
請取　用途事
合参拾貫文者」
右北野社三年一請会　菅原庄半分内且所請取如件
康応元年七月十八日　　年預　時　弘　在判

康応元年七月十九日　政所集会議曰
可早被相触公文所事
室町弟舞童事　被懸三門跡　及切々催促　近日既以密々之儀　可被遂其
節」由　在其聞之間　調三塔会合之厳儀　以三塔使節　企列参伺公儀之
処　朝儀違例　以外返答云々　満徒弥群欝　山門増失面目之間　奉動坐
七社神輿　則及入洛之企　欲思定満山之案否之間　閇三塔九院之仏閣々
天長地久護持之上者　祇園北野已下末寺末社　任先例　悉可閇門之由」
不移時尅　可被下知　次於入洛日限者　点来廿四日之上者　師子田楽已
下職掌人　悠可罷上之由　同可被加下知　若公文所遵行為無沙汰者　可
有炳誠沙汰旨　衆議畢

御霊会史料集（一）

—— 北野社古記録（文学・芸能記事）抄㈢ ——

〈昭和45年10月31日受理〉

Excerpts from the Diaries of the Priests of the *Kitano* (*Temmangū*) Shrine concerning Literature (*Renga*) and Theatricals (*Kagura*)

—— Part Three ——

棚町知弥

by Tomoya Tanamachi

はじめに

御霊会（北野例祭）に関する史料集㈠として、北野天満宮所蔵の引付左記三冊を翻刻紹介する。

28　三年一請会引付　〈康応元年5月〜応永5年5月〉
29　祭礼引付　文安弐乙丑年八月朔／四日
(21)日記　宝徳元年（承前。本稿には御霊会記事を抄出）

「如恒例」とか「如先々」とか、先例通りに行なわれる儀式である。管見のうち最も古い28には、祭礼に関連薄い部分も敢て省略しなかった。紙面の関係で次稿に残した『三年一請会引付条々　嘉吉参癸亥』もまとまった史料であり、28と対比すれば、本祭礼の全貌はかなり明らかとなる。

〈資料28〉　北野天満宮蔵。

［表紙］
一　依天下触穢祭礼延引事在之
一　管領御教書在之
三年一請会引付
禅厳法印　禅尋法眼　」
記録　」

［内表紙］
応永五年寅　三年一請会条々
同　四年祭礼条々記之
三年一請会引付条々　康応元／甲歳［巳ノ誤］
同祭礼事記之　明徳弐　**禅尋**
三年一請会事　明徳参／甲［申］歳　記之　」
」

一　五月八日　為三年一請会御損色　御戸開在之　内陣役人数　晴禅法眼
禅円法眼　俊祐法橋　慶承法橋　増禅法橋　玄禅法橋　禅順上座　栄慶
上座　禅澄上座　祐栄寺主　（大預）禅厳　着付衣　祗候外陣　同禅尋
（着付衣）大蔵年預時弘　如恒例参向　諸道輩悉参上　粉失破損注文在
別紙　同小預法師」参内陣

一　三年一請会料足　菅原庄役百五十貫　半分坊城少納言奉行之間　沙汰之
半分法印奉行之間　同沙汰之
彼用脚二百五十貫也　今一万疋分不足　毎度自公方被沙汰下之間　年預
帯職事（日野右少弁）以折帋　不足分注進之」　仍彼折紙被執下松田之間
毎度時分トシテ　自公方御下行及遅之間　被定料所（庄）云々　加賀国
笠間保　御教書在之　然彼要脚　本主笠間雖領状申　其足可遅之間　自
国到来之程　社家西京酒屋土倉借用之折帋　別在之」

史敬思	安慶都督	沙陀部人	（雁門牙校）	(55)
李承嗣	騎　將	代州雁門人	（雁門右職）	(55)
史　儼	帳中親將	代州雁門人	（克用に給事）	(55)
安元信	牙　將	沙陀部人	（世々辺將）	(61)
安金全	騎　將	沙陀部人	（世々辺將）	(61)

（註）この表の中の末段の括弧の中の数字は旧五代史の巻数を表わす。

これをみると、李克用が腹心として軍団の重職に就けた者は、旧五代史巻五五蓋寓伝に、

　武皇起雲中。寓與康君立等。推轂佐佑之。因爲腹心。

とある如く、乾符三年、李克用を雲中に擁立した者、即ち康君立・蓋寓・薛志勤・李存璋等がそれぞ〳〵左右都押牙・軍使等の要職を占めている。代北の李氏の一族では従父弟克修・季弟克寧の二人がみえ、その他には史敬思の安慶（九府）都督や、李承嗣・史儼等の雁門の出身者と、安元信・安金全の如き沙陀部人がみえている。その他にも多くの牙將がおったであろうが、李克用が雁門節度使としての期間が六ケ月ほどでしかないため、明確な記事がみえている者は少ない。

　軍団統制に於いて、牙將掌握が如何に重要な問題であったかは、矢野主税教授が「牙中軍統制の問題」[註]で指摘されている如く、藩帥と雖も牙將を通じてのみ牙兵の掌握が行ない得たのであったから、藩帥は牙將との関係を特に配慮したといえよう。李克用が採った方法は、雲中で大同防禦留後に自分を擁立した雲中牙校達を腹心となし、その他、この地方の有力者及び沙陀部落の勇者を用いたのである。この場合、腹心たる者が功名富貴を紐帯とする利益的結合で結束した旧の雲中牙校であったことは、この意味に於いて未だ仲間的結合を脱却していなかったといえる。しかし反面、同族という強い結合性をもつ沙陀三部落の利用は、従父弟の克修・季弟の克寧という一族の登用を除いては、安慶都督の史敬思がみえるのみで、族父の沙陀酋長李友金・薩葛酋長米海萬の名はみえない。このことは李克用がこれら同族の組織を重視しなかったこと、即ち沙陀部落を根本基盤として立つ必要がなかったことを示すものと思われる。

五

　以上述べた如く、こゝに蕃漢の兵という性格で李克用の軍団の成立をみるのであるが、主力が蕃胡人にあったことはいうまでもない。そして軍団の結合形態は、雲中牙校であった者達との仲間的な結合と、克用を中心とする個人的な結合関係もみられるのである。達靼部酋長との結合関係、沙陀部落出身者との関係はそれであるが、更にまた、雲中牙校であった者達との関係も、中和元年の再度の軍団形成という実情からみて、その基盤にあるものは、李克用との個人的な結合形態であったといえよう。従って、李克用の軍団は、かって彼自身がよって立っていた沙陀部族とは分離された浮遊的な性格を持つことによって、完全な軍事集団を確立したといえるのであった。この性格こそが、翌年、河東節度使となるに及んで、太原・山西・河北の出身者達を加えて蕃漢の兵五十萬と称するような厖大な軍団を形成し、それを統制することを可能にした要因であったのである。

註①沙陀部族については、唐朝帰属以前及び帰属以後の問題を別に発表予定。
②康姓が唐の中期以後現われてくる場合、大部分が外来人と考えられることは、桑原博士「隋唐時代に支那に来住した西域人について」（内藤博士還暦記念論叢）参照。
③薛鉄山（志勤）が蕃胡人であったことは、資治通鑑巻二五三・乾符五年春正月条の胡注参照。
④この突厥部落が契苾部落であることは、旧唐書巻一六三・盧簡求伝参照。
⑤沙陀三部落が沙陀・薩葛・安慶の三部を総称したことは、資治通鑑巻二五一・咸通九年十一月条の胡註参照。
⑥資治通鑑巻二六三・天復二年三月条参照。
⑦資治通鑑巻二五五・中和二年十二月条参照。
⑧旧唐書巻一六三・盧簡求伝及び同書巻一五八・鄭従讜伝参照。
⑨旧五代史巻五二・李嗣恩伝に、彼が吐谷渾部人であったことがみえ、同書巻九一・張従訓伝には、彼が回紇別派（本姑臧人）とし、同書巻七四・何建伝では彼が回紇人とし、同書巻八八・張萬進伝では突厥南鄙人とし、また、同書巻七四・康延孝伝では塞北部落人としている。
⑩新五代史巻七四・四夷附録・達靼伝参照。
⑪旧五代史巻二五・武皇紀上参照。
⑫資治通鑑巻二五四・中和元年二月条参照。
⑬長崎大学「人文社会科学研究報告」第二号。

戦闘組織の性格を持つ沙陀軍という軍団の統率者―として独立の権能を持つに至り、次第に代北の地に政治的・社会的地位を形成していったのであった。だが、代北の李氏としての発展は、依然として沙陀部族との共同体的秩序の中でのものであり、この点に於いて、代北の李氏の発展は同族的結合以上の拡大は望め得なかったのである。それは乾符三年の大同防禦留後に擁立されて発生した軍団が、その結合形態の弱点を示して、容易に崩壊してしまったことからも想像できよう。しかし、その際に同族的団体である沙陀三部落との結合も崩壊し去り、代北の李氏は独り宗族とともに北の達靼に走ったことは、明らかに代北の李氏に於ける族的結合との離脱を意味するものであったのである。

四

陰山の達靼に亡命した代北の李氏は、後に李克用の妻劉夫人をして「王昔居達靼。幾不自免。顙朝廷多事。乃得復歸」[6]といわしめた如く、全く孤立した立場から、再び勢力を得るに至ったのは、時に黄巣の大乱が起り、朝廷の多事が再び時流に乗る機会を与えてくれたからに他ならないのである。旧五代史巻二五・武皇紀上に、

是歳十一月。黄巣寇潼関。天子令河東監軍陳景思爲代北起軍使。収兵破賊。十二月。黄巣犯長安。僖宗幸蜀。陳景思與李友金発沙陀諸部五千騎。南赴京師。中略。中和元年二月。友金軍至絳州。將渡河。刺史瞿稹謂陳景思曰。巣賊方盛。不如且還代北徐図利害。四月。友金旋軍雁門。瞿稹至代州。半月之間募兵三萬。営于崞縣之西。其軍皆北辺五部之衆。不閑軍法。瞿稹・李友金不能制。友金謂景思曰。興大衆成大事。當威名素著則可以伏人。今軍雖數萬。苟無善帥進亦無功。吾兄李司徒父子。去歳獲罪于国家。今寄北部。雄武之略。爲衆所推。若驃騎急奏召還。代北之人。一麾響應。則妖賊不足平也。景思然之。促奏行在。天子乃以武皇爲雁門節度使。仍令以本軍討賊。中略。武皇即率達靼諸部萬人。趨雁門。五月。整兵二萬。南嚮京師。

とみえる如く、中和元年になると、唐朝はいよいよ盛んになる黄巣の勢力に対処するため、河東監軍使陳景思の上奏した李国昌・克用父子に軍団を帥せしめて、黄巣を討たしめる策を用い、李国昌に代り李克用が軍団の長に任ぜられ雁門節度使となった。ここに二度目の軍団が発生したのである。

では、この時期の軍団は、如何なる構成要素をもって成立し、その軍団は如何にして統合されていたのであろうか。この二点を牙兵と牙將の面から考察してみたい。

(i) 軍団牙兵の構成要素(兵數約四萬)[7]

沙陀三部人	沙陀・薩葛・安慶三部落	五千騎	(25)
吐谷渾部人	及び吐谷渾・契苾部落を北辺五部と総称[8]		(25・52)
契苾部人			(25)
回紇人	北辺の雑胡と呼称されたもので、色々な種族出身が個人的に参加したもの[9]	二萬人	(91・94)
突厥人			(88・98)
塞北部人			(74)
達靼部人	首領毎相温・于越相温[10]	一萬人	(25)
代北漢人	忻代蔚朔諸州の人[11]	五千人	(25)

(註) この表の中の末段の括弧の中の数字は旧五代史の巻数を表わす。

右の表によっても明らかな如く、蕃族と漢人とによる蕃漢の兵が李克用軍団の構成要素である。この場合に注目せねばならぬことは、沙陀三部落が軍団の構成要素の一部分となっているが、これは乾符三年の時の軍団構成要素のそれとは全く性格を異にして成立していることである。この中和元年に於ける再度の軍団発生形態は、河東監軍陳景思が天子の命によって沙陀・薩葛・安慶の三部落と吐谷渾の諸部を率いて黄巣討伐の軍団となしたが、沙陀部出身の絳州刺史瞿稹の軍団の一層の強化策を入れて、代北で更に募兵した烏合の衆ともいうべき軍団と、李克用が達靼部落より率いてきた達靼部人との混合によって成立したものである。このようにして発生したことは、先に沙陀部落とは弧立した存在になっていた李克用が、古い同族組織に拘束されることなく、軍団の統制をなし得たであろうことを推測せしめる。このことは軍団を構成する牙將の主なる者をみることによって一層明らかとなる。

(ii) 軍団牙將の構成要素

李克修	奉誠軍使	沙陀部人	(李克用の従父弟)	(50)
李克寧	牙將	沙陀部人	(李克用の季弟)	(50)
康君立	左都押牙	蔚州蕃胡人	(世々辺豪)	(55)
蓋寓	右都押牙	蔚州人	(世々牙將)	(55)
薛志勤	代北軍使	蔚州蕃胡人	(国昌の帳中親信)	(55)
李存璋	牙將	雲中人	(雲中牙校)	(36・53)

軍防禦留後。衆状以聞。

とあって、その擁立に至る過程が詳しく述べられている。この記事にも伝える如く、乾符三年に起った軍団は、一兵將としての不安と野心による仲間的結合体として発生し、李克用はその家柄と武勇に加えて、父李国昌（当時は振武軍節度使）が築きあげていた社会的名声によって軍団の帥に推戴されたものといえる。

また、このクーデターに参加した集団をみると、資治通鑑考異巻二四・唐紀一六・乾符五年二月の条の後唐閔帝・史官張昭遠撰荘宗功臣列伝曰の項には、

前略。時武皇為沙陀三部落副兵馬使。在蔚州。（雲州沙陀兵馬使李）盡忠令（雲中牙校康）君立私往図之曰。中略。盡忠夜帥牙兵攻牙城。執（大同防禦使段）文楚及判官柳漢璋・陳韜等。撃之於獄。遂自知軍州事。遣君立。召太祖於蔚州。是月。太祖與退渾・突厥・三部落衆萬人。趨雲中。

とあって、先の旧五代史の記事より更に詳細に伝えている。これによって、旧五代史を補ってみると、次の如くなる。

(i) 李克用を擁立した牙將

李盡忠　沙陀部人　沙陀首領・雲州沙陀兵馬使
康君立　蔚州興唐人（蕃胡人）[2]　世世辺豪・雲中牙校
薛鉄山　蔚州奉誠人（蕃胡人）[3]　李国昌帳中親信・牙將
程懐信　出自不詳　牙將
王行審　出自不詳　牙將
李存璋　雲中人　牙將
蓋　寓　蔚州人　世世牙將

(ii) 李克用軍団の牙兵（衆萬人）

三部落（沙陀三部落）の牙兵
退渾（吐谷渾）部落の牙兵
突厥（契苾）[4]部落の牙兵

さて、この集団構成に於いて注目されることは、(i)の場合にみられる牙將のうちに、蕃胡人が多かったと考えられること、及びそれに参加した牙兵が、(ii)の場合とを考え合せてみても、北辺の雑虜といわれた蕃族部落の者が主体であったことである。旧唐書巻一九上・懿宗本紀によれば、太僕卿盧簡方を雲州刺史・大同軍防禦使として、

卿以滄州節鎮屈転大同。然朕以沙陀・美（退）渾擾乱辺鄙。以卿曾在雲中。惠及部落。且忍屈為此行。且達朕旨。安慰国昌。勿令有所猜嫌也。

とあり、北辺の沙陀・退渾部落の者達の不穏な状況を言っていることからも、当然の結果であったといえよう。だが、この集団の発生がよこに連なった利益的・仲間的結合体であったため、その崩壊も内面より容易に行なわれた。旧五代史巻二五・武皇紀上によると、

乾符五年。中略。冬。献祖（李国昌）出師討党項。吐渾赫連鐸乗虚陥振武。擧族為吐渾所擄。武皇（李克用）至定辺軍迎献祖歸雲州。雲州守將拒関不納。武皇蔚朔之地得三千人。屯神武川之新城。赫連鐸晝夜攻圍。武皇昆弟三人。四面應賊。俄而献祖自蔚州引軍至。吐渾退走。自是軍勢復振。天子以赫連鐸爲大同軍節度使。仍命進軍以討武皇。

とみえるように、李克用を擁立して立った吐渾即ち退渾部落が代北の李氏に叛旗をひるがえしている。代北の李氏父子の振武・大同に據ったことを悦ばなかった朝廷は、赫連鐸を大同軍節度使に任じて、李克用討伐に充てている。そしてひとたび代北の李氏父子の討伐が始まると、資治通鑑巻二五三・広明元年六月及び七月の条に、

（蔚朔等州招討都統行営節度使）李琢奏。沙陀二千来降。琢時將兵萬人屯代州。與盧龍節度使李可擧。吐谷渾都督赫連鐸。共討沙陀。李克用遣大將高文集守朔州。自將其衆。拒可擧於雄武軍。鐸遣人説文集歸国。文集執克用將傅文達。與沙陀酋長李友金・薩葛都督米海萬・安慶都督史敬存。皆降於琢。開門迎官軍。中略。秋七月。中略。李克用自雄武軍引兵還。擊高文集於朔州。李可擧遣行軍司馬韓玄紹。邀之薬児嶺。大破之。中略。李琢・赫連鐸進攻蔚州。李国昌戦敗。部衆皆潰。独與克用及宗族。北入達靼。

と詳細に伝える如く、大將高文集が李克用を裏切り、克用の腹心の將傅文達を執えて、沙陀三部落[5]の各酋長とともに李琢に降ったことは、この軍団の結合の弱かった点を明示しているといえよう。このように、乾符三年の李克用最初の軍団は脆くも崩壊してしまったが、反面、この事件は注目すべき問題点を包含していたといえる。すでに述べた如く、代北の李氏の家柄は、沙陀部族の大酋長という民事・軍事等の全ての面における統率者として発展してきたのである。それが入唐後、朝廷の藩鎮抑圧政策などに際して傭兵化して、たび〳〵用いられたことは、彼の家が戦場に於ける指導者─沙陀部族の十府への分処とともに、

唐代の代北の李氏について

――沙陀部族考　その三――

〈昭和四十五年十月三十一日受理〉

室永芳三

Lives of the *Lis* 李氏 in *T'ai-pei* 代北 in the *T'ang* dynasty.

―― A Study on *Sha-t'uo-pu* 沙陀部 part 3 ――

by Yoshizo Muronaga

一

五代の時代、華北の地に興亡した五つの王朝を動かしたものは武人であった。そのうちでも後唐・後晋・後漢と続く王朝の天子が、沙陀部族の出身であるのを始めとして、数多くの蕃胡人の活躍が著しいことは注目される。これら蕃胡人が中央舞台で活躍する機会を得たのは、代北の李氏の力によるものが大であったといわねばならない。

本稿は、前章につづいて唐朝帰属後の沙陀部族の動向を追究するものであるが、[1]主として代北李氏軍団成立期の問題を取り上げて考察してみたいと思う。

二

代北の李氏とは、唐の懿宗の咸通十年に起った龐勛の乱鎮圧に際して、最も功績があった沙陀部族の酋長朱邪氏に賜わった姓氏で、朱邪赤心が李国昌の姓名をもって属籍に編せられたものである。その子李克用の時代に入ると、北辺の蕃胡人を擁して山西の北部、晋陽を根拠地として北方に勢力をはるに至った。後唐を建国した荘宗は、この李克用の子であり、父の軍団を擁して後梁を滅して王朝を建てたものである。従って、李克用の軍団発生形態を検討することは、唐末における蕃胡人の中央舞台への登場過程、更には半独立的藩鎮集団の形成過程を知る好例といえよう。

李克用の軍団発生は、二期に分けて考察される。即ち、

一、僖宗の乾符三年、沙陀副兵馬使の時に、沙陀兵馬使李盡忠及び雲州牙将等によって、大同防禦留後に擁立された時。

二、先の軍団形成に破れて後、僖宗の中和元年、唐朝が黄巣討伐のために募兵した軍団の帥に起用されて、雁門節度使となった時。

以下、各々の場合について検討を加えてみたい。

三

まず、乾符三年の場合からみると、旧五代史巻五五・唐君立伝に、

時羣盗起河南。天下將乱。代北仍歳阻饑。諸部豪傑咸有嘯聚邀功之志。會（段）文楚稍削軍人儲給。戍兵咨怨。（康）君立與薛鉄山・程懐信・王行審・李存璋等謀曰。段公儒人。難與共事。方四方雲擾武威不振。丈夫不能于此時立功立事。非人豪也。吾等雖權係部衆。然以雄勁聞于時者。莫若沙陀部。復又李振武父子勇冠諸軍。吾等合勢推之。則代北之地。旬月可定。功名富貴事無不済也。君立等乃夜謁武皇（李克用）言曰。方天下大乱。天子付將臣。以辺事。歳偶饑荒。便削儲給。我等辺人。焉能守死。公家父子。素以威恵及五部。當共除虐帥以謝辺人。孰敢異議者。武皇曰。明天子在上。擧事當有朝典。公等勿輕議。予家尊遠在振武。萬一相迫。俟予稟命。君立等曰。事機已洩。遲則変生。曷俟千里咨稟。衆因聚譟擁武皇。比及雲州衆且萬人。師営[illegible]雞台。城中械文楚。以應武皇之軍。既収城。推武皇為大同

有明工業高等専門学校紀要

第 7 号 (1971)

昭和46年3月1日 発行

編 集 有明工業高等専門学校紀要委員会

発 行 有明工業高等専門学校
大牟田市東萩尾町150
電 話 大牟田 ③ 1011

印 刷 佐伯印刷所
熊本市九品寺3丁目6—31
電 話 (0963) ㊿ 2355・2958

CONTENTS