

次から, 気密性の測定法と隙間の基礎式の研究

スライド6枚

気密性能評価

NETS SPID

# 建築の気密性能に関する研究

## 原発事故の対策

1979年3月

スリーマイル島の事故

1980年頃から5年程

日本原子力研究所から「家屋の放射性ガス防護効果調査」の受託研究

- ・ 換気回数を測定した文献調査により回帰式作成
- ・ 熱・換気ガス回路網による予測計算プログラムを開発
- ・ 各種の隙間形状の試験体で隙間特性の実験  
(回帰式は原子力学会等で発表され、あまり知られていない)
- ・ 多数室換気測定システムの第一世代の開発と各種住宅での実験

## 冷暖房の省エネ志向

1980年頃から

左記の要請から、熱・換気・ガス回路網の計算プログラム開発が促進された。

通常状態の建物の換気回路網モデルも、隙間を考慮することが重要である。

## 気密性能測定データ分析法

2012年頃

気密測定法のデータ分析法を改良し、測定誤差に対するロバスト性と、信頼性評価が不十分と考える改良する理論と方法を Building and Environment 誌に発表した。

重み付き最小二乗法によるロバスト性、測定前提の不適合率 $\beta$ による信頼性評価。  
(対数空間で回帰する誤差)

## 健康的な住宅志向と壁体内部結露検討

2015年頃から

特に木造住宅の内部結露は、壁の部材の湿気伝導よりは、隙間から侵入する水蒸気により起こる場合が多いのでは？

## 隙間特性の評価方法

2016年頃から

JISの相当隙間面積 $\alpha A$ では適切に隙間特性を表せない。

次の第1式のべき乗則モデルよりは、第2式の二次式モデルが優れていると考えられる。

$$\Delta p = D_n \cdot q^n$$

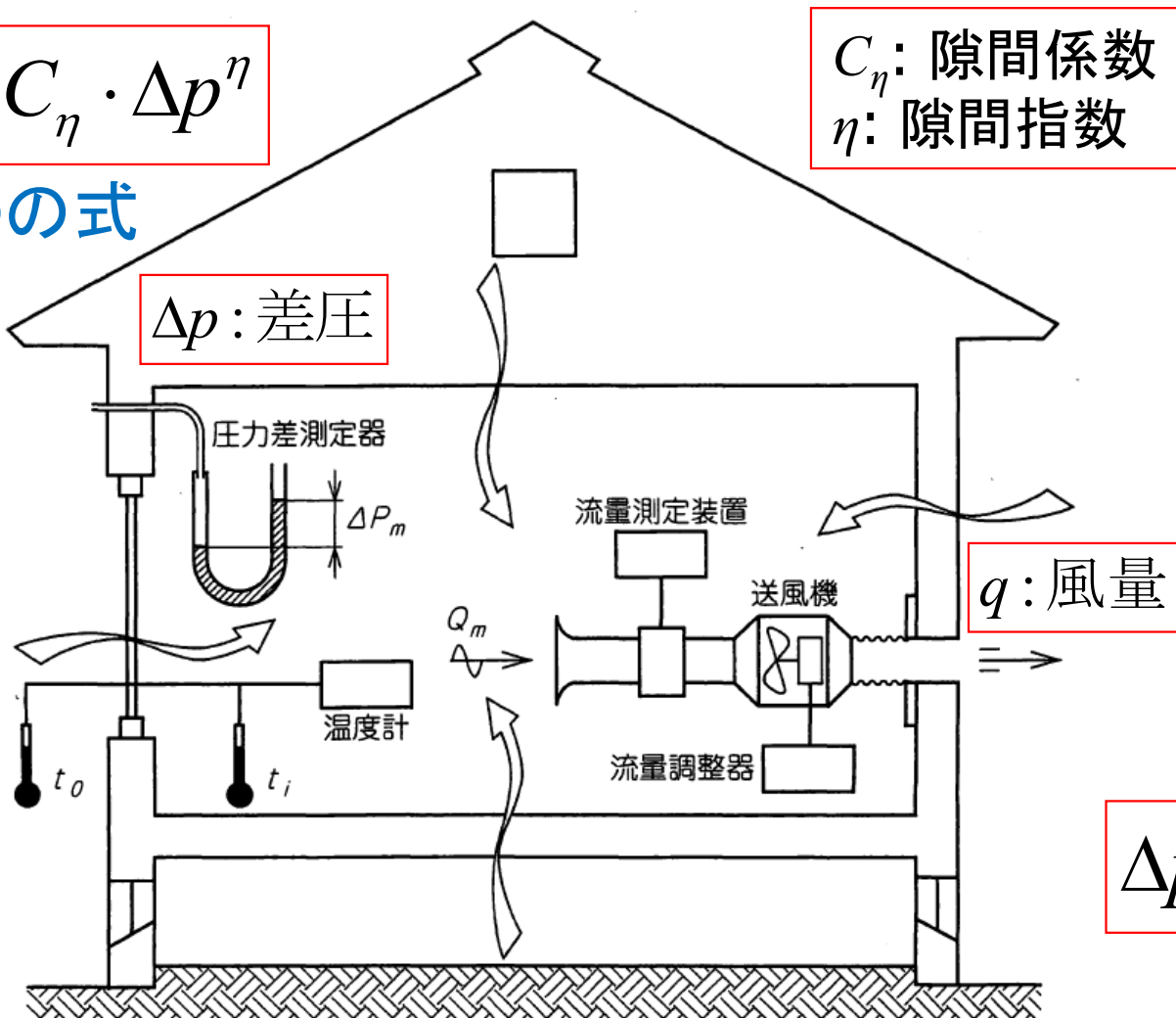
$$\Delta p = D_1 \cdot q + D_2 \cdot q^2$$

この二次式モデルで定義される幾何的相当隙間面積 $wl$ と隙間深さ係数 $d/w^2$ で表す。(ここに $w$ は隙間幅、 $l$ は長さ、 $d$ は隙間深さ)

# 送風機による住宅の気密測定の様子と装置

$$q = C_{\eta} \cdot \Delta p^{\eta}$$

ISOの式



$$\Delta p = D_n \cdot q^n$$

JISの式

冪乗則  
(べきじょうそく)モデル

JIS A2201, 2003, 送風機による住宅等の気密性能試験方法より

# 気密性能試験方法のJISの評価方法の問題

べき乗則の指数  $n$  は 1~2 になり得る。  
 JISは(2)式で  $n=2$  に関連付けているが、  
 単純明快な(1)式で良いのではないかな？

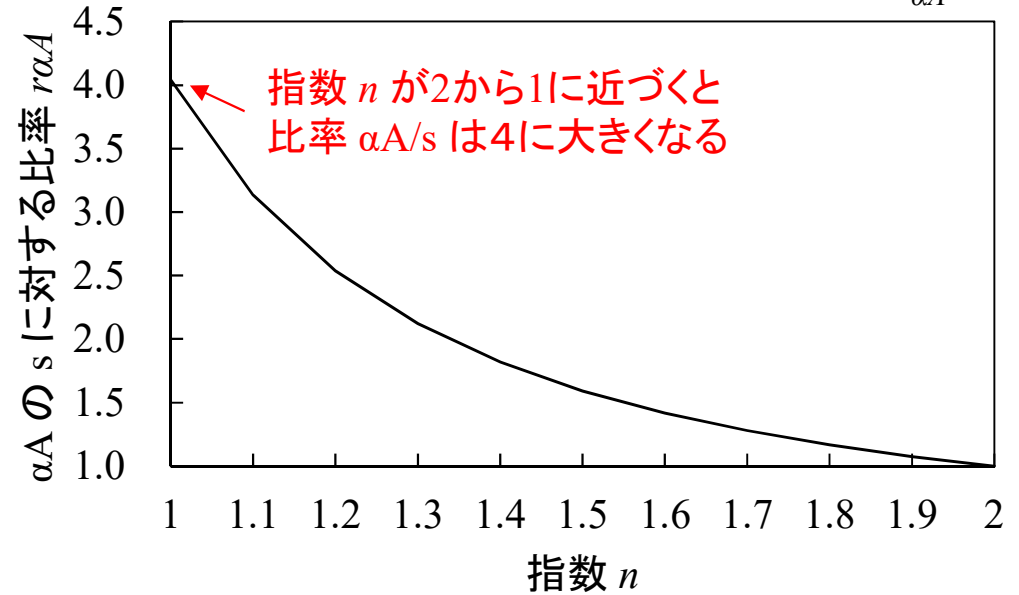
$$\Delta p = \frac{\rho}{2} \left( \frac{q}{s} \right)^n \quad (1) \quad \Delta p = \frac{\rho}{2} \left( \frac{q}{\alpha A} \right)^2 \quad (2)$$

$$r_{\alpha A} = \frac{\alpha A}{s} = \left( \frac{\rho}{2 \cdot 9.8} \right)^{\frac{1}{2} - \frac{1}{n}} \quad (3)$$

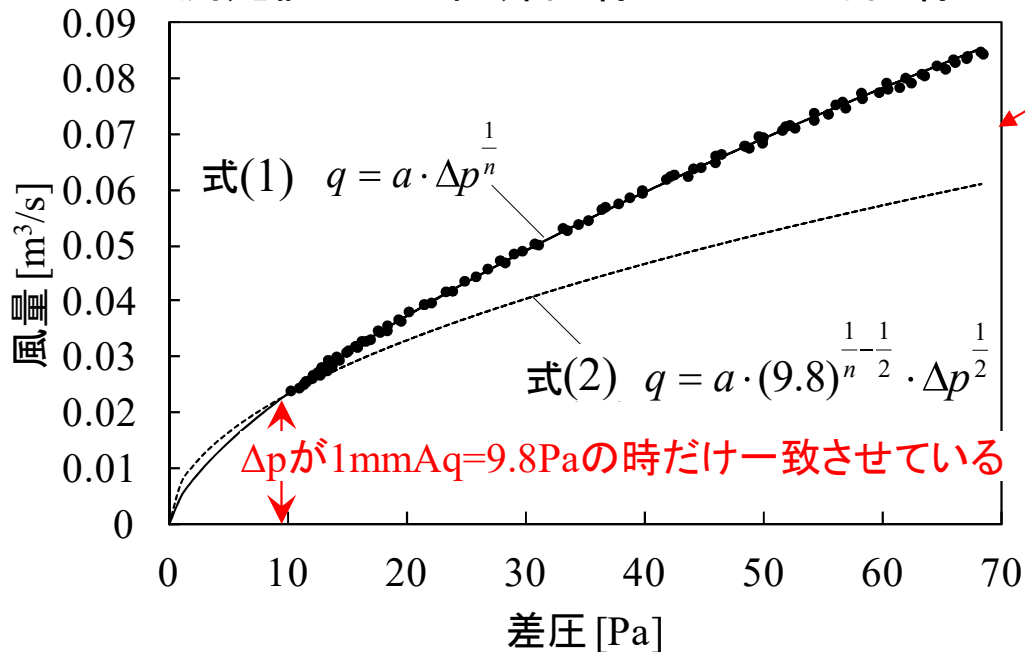
$\alpha A$ : 総相当隙間面積 (JIS)

$s$ : 単純相当隙間面積

JIS総相当隙間面積  $\alpha A$  と  $s$  の比率  $r_{\alpha A}$



測定値からの回帰曲線とJISによる曲線



隙間の実態のP-Q特性曲線と、指数を2においた特性曲線を、 $\Delta p = 1\text{mmAq} = 9.8\text{Pa}$  だけで合わせても、他の  $\Delta p$  では両者は大きく異なる。

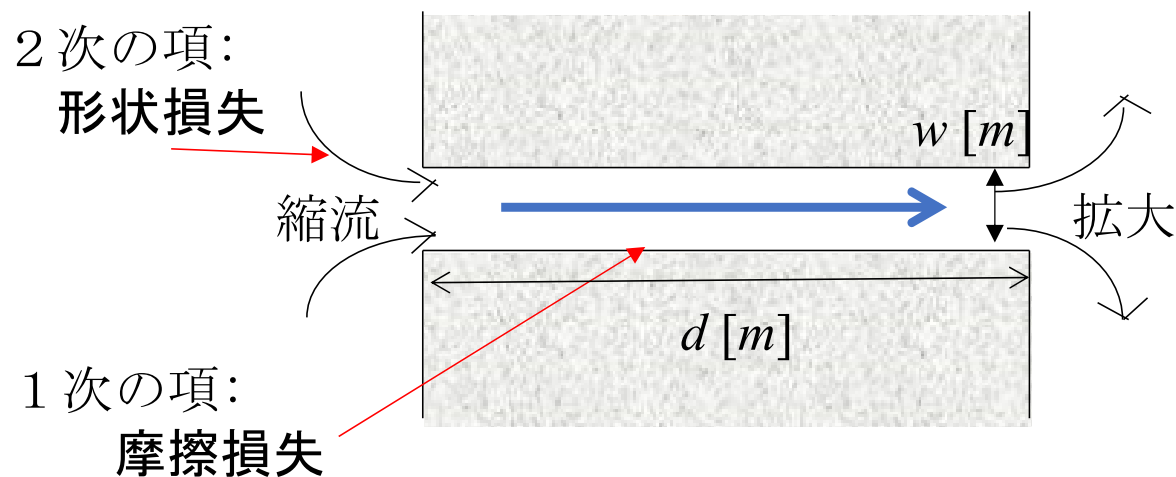
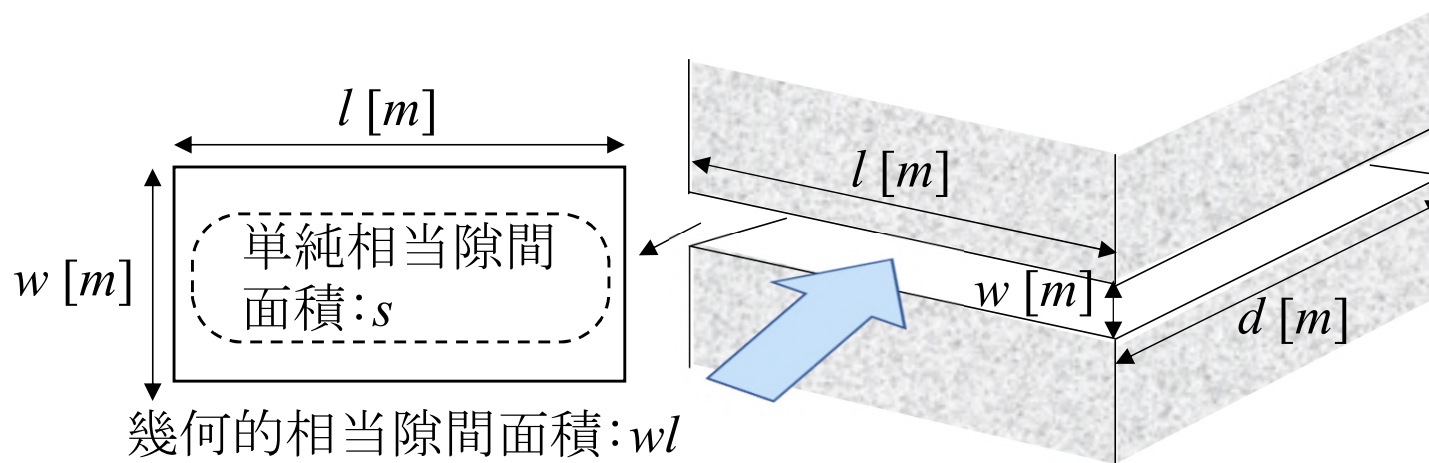
気密性能評価は C 値と呼ばれる相当隙間面積  $\alpha A$  だけでなされ、指数  $n$  は無視されることが多い。  
 指数  $n$  が物理学的意味を持っていないから？

従って「隙間面積」だけでなく「隙間深さ」も考慮できる二次式モデルが良いのでは？

## 理想化した隙間の形状的な捉え方

隙間を，長さが  $l$ ，幅が  $w$ ，深さが  $d$  の寸法でとらえる．

単純相当隙間面積： $s$  と幾何的相当隙間面積： $wl$



ここに隙間幅  $w$  と深さ  $d$  の  $\frac{d}{w^2}$  を隙間深さ係数と定義する．  
由来は，流体の運動方程式による．



## 二種の隙間モデルの長短と測定値分析理論

比較項目	二次式モデル $\Delta p = D_1 \cdot q + D_2 \cdot q^2$	べき乗則モデル $\Delta p = D_n \cdot q^n$
外形	複雑	単純
根拠	物理学的な根拠あり	指数 $n$ に物理学的な根拠なし
測定分析	最小二乗回帰の精度は比較的に良い	対数空間で最小二乗回帰するので精度が良くない
予測計算	送風機の三次式のPQ特性と相性が良く解きやすい	送風機との運転点を決めるために二次式に近似しなければならない(NETSでの扱い)

なお、送風機による加圧・減圧による気密測定から、べき乗則モデルについて、ロバストな最小二乗回帰方法と、不確かさ評価と信頼性評価を行う理論を展開し、表計算ソフトも開発した。

Hiroyasu Okuyama, Yoshinori Onishi, Reconsideration of parameter estimation and reliability evaluation methods for building airtightness measurement using fan pressurization, Elsevier, Building and Environment, 47 (2012), pp373-384