

廃鉱内通気による温室冷暖房に関する研究

山口大学工学部 水田 義明

1. はじめに

高知県土佐郡大川村は、昭和61年度に地域エネルギー開発利用事業化可能性調査を行った。これに先立ち同村は昭和47年に閉山した白滝鉱山跡の再開発を行っており、鉱山のずりで谷を埋めてできたボタ山を整地して、そこに水気耕栽培施設を1億円で建設した(今ならふるさと創生予算を使える?)。また、このような施設園芸などのエネルギー源として村では廃鉱内の気体熱エネルギーに目をつけた。

同調査は、同村が通産省の補助を受け、財団法人新エネルギー財団に委託して行ったもので、廃鉱内の気体熱エネルギーと鉱山周辺の間伐材の木質エネルギーの利用可能量およびその適用性などが調べられた。

筆者は調査検討委員会の一委員であったが、一方で新エネルギー財団から委託された僻地熱に協力する形で、気体熱エネルギー利用の可能性調査に資するために、廃鉱内通気の予測計算を行った。土木学会中四国支部の研究発表会が四国で開かれるこの機会に、遅ればせながら予測結果の概要について報告させて頂く。

2. 坑内気象の経時変化の予測計算法

坑道や採掘跡からなる回路に空気を流すと岩盤と気流との間で熱授受があり、空洞壁面が濡れている場合には物質移動も起こる。このため回路中の各断面において、空洞まわりの岩盤内温度分布は、入気となる外気の周期変化、流量に関係し、かつ入気坑道からの距離の増大とともに温度振幅の減衰と位相差を増大させながら、周期変化する。また、これが気流との熱授受に関係するので、回路に沿った気流の温度・湿度もまた、各点の標高にも依存しつつ増減し、温度振幅の減衰と位相差を増大させながら周期変化する。したがって、坑内気象の予測計算は、回路に沿って分割された各区間に対する非定常岩盤内熱伝導の解析と、各区間で岩盤から気流に移動する顕熱と潜熱とを考慮に入れて回路に沿った気流の温度・湿度変化を予測する解析との連成解析である。

筆者らはこのような解析方法により、現在工事中である安房トンネルの供用時におけるトンネル内気象を予測計算し、その結果を土木学会論文集第387号/II-8, 1987年11月に発表した。この計算は、トンネル内を走行中の車のフロントガラスに結露が生ずる場合があるとすれば、それはどのような条件の時かなどについての検討を行ったもので、実測された坑外気象の周期変化や岩盤の熱常数を考慮に入れ、坑外気温が急変した場合のトンネル内気象が予測されている。また、計算方法の詳細はこの論文に記されているのでここではそれを省略させて頂く。

3. 計算モデル

白滝坑は白滝通洞を0mLとして、-900mLまで開発されているが、その上部-300mLまでを通気の対象とし、まず、地下水面が-300mLより下部にあることを確認した。図1(a)は-300mL以浅の坑内概略図で、この図の源坑と第1立坑とを閉塞してできる回路をモデル化したものが同図(b)である。すなわち、(b)の区間1~13は(a)の坑道と採掘跡からなる空洞を表わし、区間14~16は第3立坑を、区間17~27は白滝通洞を表していることになる。計算に必要なデータは次のようである。

①各節点の標高

②各区間における坑道の断面積 F と周囲長 u (換算半径 $r=2F/u$ の円形坑道と仮定)、岩盤の熱拡散率と初期温度、坑道壁面のぬれ率(全周が乾燥していれば 0, 全周がぬれていれば 1)

③入気の風量と温度・湿度の年変化(周期の小さい日変化は入気坑道付近を除いて影響を及ぼさない)

4. 計算結果

4月1日から960m³/min(風速2m/s)の通気を行ったときの排気と外気とのエネルギー差が表1に示されている。
(エネルギー差の数値が正ならば一般に外気温より排気温が高く、排気は暖房に使えることになる)

表1は坑内気流エネルギーの利用可能量を表しているが、一方、水気耕栽培モデル温室4棟(総容積約1万m³)に対する冬季暖房需要量(室温10°C)と夏季冷房需要量(室温20°C)が温度内外での熱授受を考慮に入れて計算された。その結果も表1に示されている。

5. おわりに

960m³/minで通気を行えば、3棟分の温室冷暖房に必要なエネルギーを坑内気流が保有するエネルギーで賄うことができることがわかる。ただし、このような扇風機の設置と排気坑口から温室までの断熱風管の設置とにかかる費用がかなり大きくなることが問題である。

表1 気流(960m³/min)のエネルギー保有量(外気との差)と所要エネルギー

月	外気温 (°C)	排気温 (°C)	エンタルピー差 (Kcal/kg)	エネルギー保有量 (10 ³ Kcal/h)	室温 (°C)	エネルギー需要量* (10 ³ Kcal/h)
5	17.0	13.4	0.90	57		
6	21.0	14.0	-0.90	-58		
7	24.4	14.6	-2.59	-165	20	224
8	24.8	15.0	-2.35	-149	20	210
9	21.6	14.9	-0.16	-10	20	14
10	15.9	14.4	1.99	127		
11	10.4	13.8	3.32	212	10	49
12	4.8	13.2	5.26	236	10	230
1	3.0	12.6	5.60	359	10	359
2	3.5	12.2	5.26	337	10	424
3	7.0	12.1	3.92	252	10	255
4	12.6	12.6	2.29	147	10	36

* 坑内気流の温室内への導入および温室内外気との熱交換を考慮に入れた熱収支から計算された。

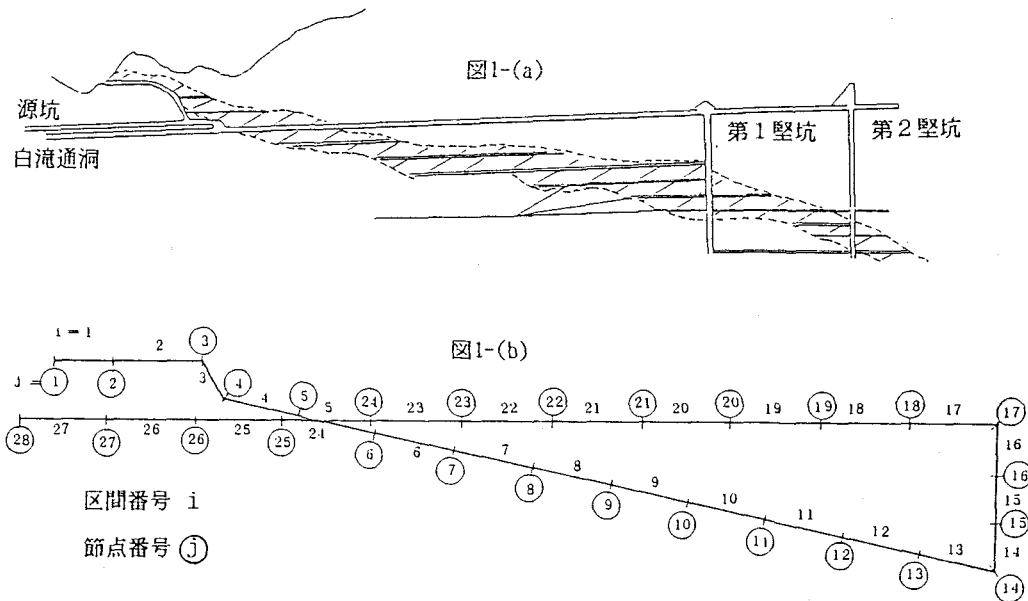


図1 旧白滝坑 -300mL以浅の坑内概略図(a)とそのモデル化(b)。