

III-286

冷凍食品の岩盤内貯蔵

愛媛大学工学部	正会員	稲田 善紀
愛媛大学大学院	学生員	甲村 雄一
日産建設(株)	正会員	新田 稔

1. はじめに

近年、冷凍食品の需要は増加する傾向にあり¹⁾それにともなう冷凍倉庫の増加が予想される。国土の狭い我が国においては、冷凍倉庫の建設に際し土地の立体的有効利用を考慮する必要がある。また、諸経費の削減という観点からも地山岩盤内に設けた空洞や鉱山等の廃鉱を冷凍倉庫として利用することが得策であると考えられる。この際、空洞周辺の岩盤には熱応力により亀裂を生じることが予想されるため、空洞内部の冷気が亀裂から漏れ熱効率を低下させることが問題となる。本研究では、まず、地山岩盤内に設けた空洞を冷凍倉庫として利用した場合の空洞周辺の温度分布の経時変化を求め、応力解析を行い亀裂の進展状況を求めた。次に、冷気漏れ対策として現在原油の貯蔵に実用化されている水封式を併用することを想定し、その効果について検討した結果について述べる。

2. 空洞周辺の温度分布

土被り100mの花崗岩の岩盤中に直径10mの単一円形空洞を設けた場合について、空洞周辺の温度分布の経時変化を要素分割法²⁾によって求めた。熱拡散率は花崗岩の湿潤状態の値($\kappa = 11.0 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{sec}$)を用いた³⁾。また、空洞内の温度は -60°C とした。解析結果を図1に示す。初期の時間には急激な温度勾配を示しているが、時間の経過とともに温度変化は緩慢となり貯蔵1年後には温度変化が実用上無視できる準定常状態となることがわかる。

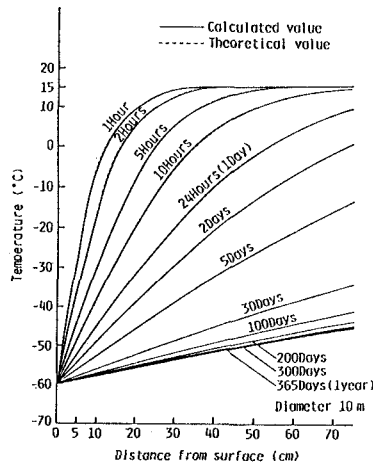


図1 空洞周辺の温度分布

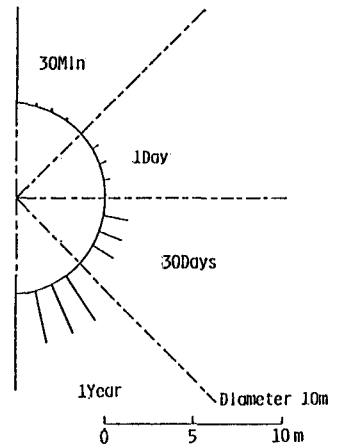


図2 空洞周辺の亀裂の進展状況

3. 空洞周辺の応力解析

本解析では有限要素法に時間の概念を取り入れ逐次破壊を考慮した亀裂解析法⁴⁾を用い、温度分布が準定常状態となる貯蔵1年後までを4つのステップに分割して逐次解析を行い、空洞周辺岩盤の亀裂の進展状況を求めた。解析結果を図2に示す。時間の経過とともに亀裂は進展していき、各ステップにおいてその範囲はそれぞれ10cm, 50cm, 2.2m, 5.0mとなることがわかる。このことより空洞からの冷気漏れ対策が必要となることがわかる。

4. 水封式併用による貯蔵

本研究では土被り100mの花崗岩中に直径10mの単一円形空洞を掘削し、空洞からの冷気漏れ対策として水封式を併用することを想定した。これは空洞周辺の岩盤に亀裂を生じても地下水が亀裂内に浸入し氷結して冷気漏れを防ぐことが期待されるからである。ここでは亀裂内の水の挙動を観察しやすいように水平軸に長さ2m、幅3cmのスリットを設けた場合について空洞周辺の温度分布を要素分割法によって求めた。得ら

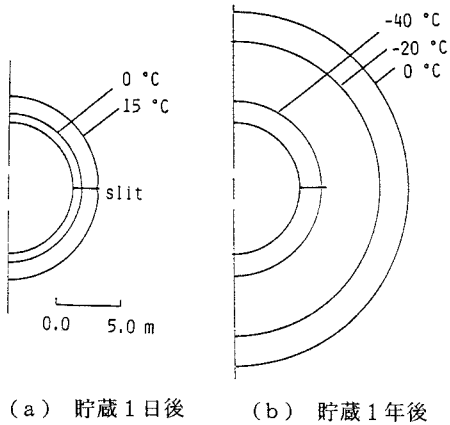


図3 空洞周辺の温度分布

れた結果を図3に示す。貯蔵1日後において、スリットの部分およびその周辺に熱伝導の遅れが見られる。これは、初期の間スリット内にまだ水が残っており、水の熱拡散率が岩盤の約1/10であることが原因と考えられる。しかし、貯蔵1年後には熱伝導のおくれは見られなくなり、同心円状の温度分布を示すことがわかる。次に、亀裂解析法を用いて応力解析を行った。ここでは、温度分布が準定常状態となる貯蔵1年後までを4つのステップに分割し、それぞれのステップにおいて、1つ前のステップからの温度差にともなう物理定数を用いて順次解析を行った。ただし、スリット内の氷に引張亀裂が生じた場合には、亀裂先端における温度が0 °C以上であれば、そこから水が瞬時に亀裂内に浸入し、氷結して亀裂をふさぐものと仮定した。すなわち、次のステップを解析する際には、亀裂を生じたスリット内の氷の応力は一たん解放され、残留しないものと考え、亀裂がふさがった状態から各ステップにおける解析を始めることとした。スリット内部における解析結果を図4に示す。貯蔵1日後においては、空洞表面から58cmの範囲で氷結しているが、この氷には亀裂を生じており不安定な状態にある。貯蔵30日後を過ぎると、空洞表面から次第に亀裂がふさがっていく現象がみられ、1年後には31cmの範囲で亀裂がふさがっており、水封式の効果が認められる。

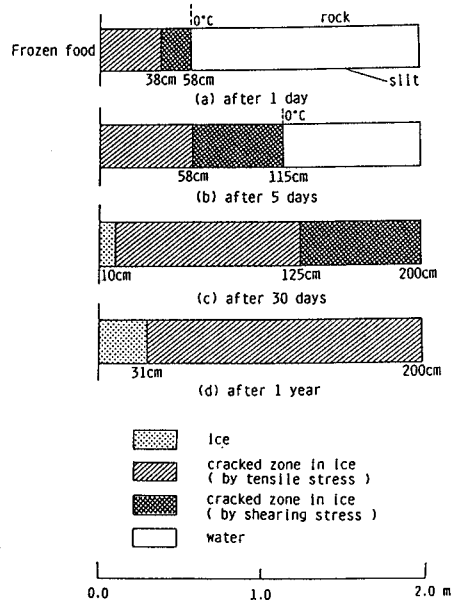


図4 スリット内部の氷の挙動

5. おわりに

本研究では、冷凍食品を地山岩盤内に設けた空洞に直接貯蔵した場合を想定し、周辺岩盤に発生する亀裂の進展状況を解析によって求めた。その結果、貯蔵1年後には空洞表面から5mの範囲にまで亀裂が進展することがわかった。次に、空洞からの冷気漏れ対策として水封式を併用することを想定し、水封式の効果を解析によって求め、貯蔵30日後以降においては、亀裂内の氷がふさがり、水封式の効果が得られることがわかった。

本研究の遂行にあたり、(株)阪神コンサルタンツ 楠裕行氏のご協力を得たことをここに記しておく。

参考文献

- 1) 農林水産省経済統計情報部 編集：ポケット農林水産統計，36～37頁，1988。
- 2) 稲田善紀，重信純：日本鉱業会誌，99巻，1141号，179～185頁，1983。
- 3) 稲田善紀，八木則男：材料，29巻，327号，74～79頁，1980。
- 4) 稲田善紀，谷口浩二：日本鉱業会誌，103巻，1192号，365～372頁，1987。