

高山一亜高山帯境界部における温暖化実験装置の開発

金井隆治・正木大祐 生命環境科学等技術室 菅平高原実験センター

概要: 山岳の樹林帯最上部(標高約2500m)で地球温暖化の影響を研究するための「温暖化実験装置」を開発した。十分に温まること、積雪や強風に耐えられること、などの条件を考慮しながら5回の試作を行い、改良品を中央アルプス将基ノ頭付近に設置した。



図1 完成したOTC

背景: 地球温暖化に対して感受性が高いと考えられている森林限界で、樹木を含められる高さで、温度が上昇し、積雪や強風に耐えうる強度のある「温暖化実験装置」の開発・設置を依頼された。温暖化装置には赤外線方式、地中電熱線方式、温室方式がある。今回は電源が不要で、メンテナンスも最小限で済む温室方式が適していると考えた。

①ビニールハウスタイプの予備実験(試作1号)

- ・センター内のレンゲツツジ郡内に設置
- ・大きさはレンゲツツジ1株を囲う程度(幅140cm奥行き150cm)
- ・高さは樹高150cm+100cm(計250cm)
- ・単管(直径4.86cm)を自在クランプで固定し、ビニールで覆った

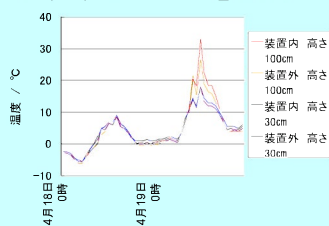


図2 装置(天井あり)の中と外の温度

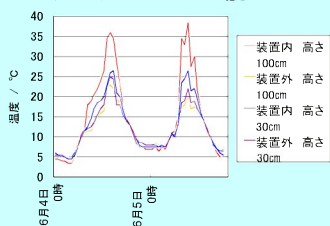


図3 装置(天井開放)の中と外の温度

- ・最初天井のビニールがある状態で温度を測定した(図2)
- ・その後天井のビニールを撤去した状態で温度を測定した(図3)

結果 天井を開放したままでも温暖化することが分かった

天井開放型(Open Top Chamber:以下OTC)の利点

- ・降雨条件や種子類の移入条件が野外に近いこと

※OTCを中心に検討することにした

②下見(標高2500m)

- ・設置予定地 信州大学農学部附属西駒ステーション演習林
- ・標高約2500mの森林限界付近、樹高4m前後のダケカンバ林内



図4 現地の様子(2010年6月30日)



図5 OTCを設置した場所

※下見で分かったこと

- ・急斜面(平均35度)のため脚立の仕様は危険
- ・荷物の移動や人の移動も困難
- ・低木も多く巨大な装置は設置に適さない
→小型の装置に変更し、設置数を増やす
- ・地中は木の根や岩が多いため支柱を鉛直に刺せない
→支柱の建て方の工夫と補強が必要
- ・斜面上方からの雪圧
→雪圧を軽減させる工夫が必要

結果・OTCの形状の変更

→四隅に支柱を建て透明な板で覆う

・雪圧・強風への対処

→OTCの強度を上げる・ロープ(以下張り綱)で補強する

・小型の装置をいくつか設置する

③波板タイプの試作と改良(試作2号～5号)

I 試作2号 OTCの再実験(場所:センター内スキ草原)

- ・センター内の材料を使用して試作
- ・強度と価格からポリカーボネート製波板を使用
- ・OTCのサイズは幅65cm×奥行き65cm×高さ180cm



図6 試作2号

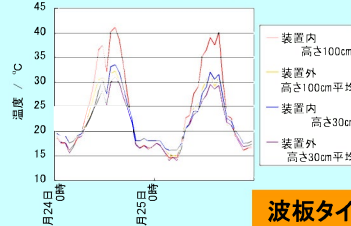


図7 試作2号の中と外の温度

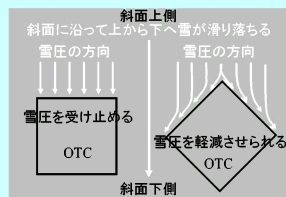
波板タイプも
温暖化する

II 試作2号改 下の隙間

- ・波板を10cm上げ、下の隙間を大きくする

試作3号 OTCの大型化と強化

- ・強度の高い材料を使用しての試作
- ・幅を波板1枚分(60cm)から10cmに変更
- ・雪圧軽減のためにOTCを45度回転させて設置(図8)
- ・支柱を地上部(以下支柱)と地下部(以下アンカー)に分ける
- ・波板の固定はフックボルトで行う
- ・支柱と支柱をつなぐ横棒(以下梁)を状況に応じて入れる



OTCを回転させて設置することにより斜面上部からの雪圧を軽減し、倒壊の可能性を減らす

図8 斜面上部からの雪圧について

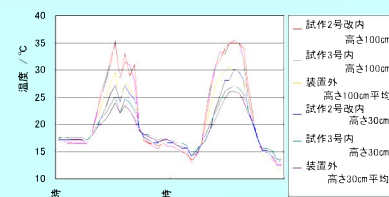


図9 試作2号改と試作3号の温度

隙間ありも
大型化も
温暖化する

III 試作4号 工法の改良

- ・波板は梁に固定する
- ・OTCを鉛直・直角に保つためにコーナプレートを使用する

IV 試作5号 斜面での設置・手順の確認

- ・センター内でより現地に近い斜度での試作
- ・現地での設置を想定したと手順の確認



図10 試作5号

☆試作結果(アンダーラインはOTCに採用したポイント)

- ・使用する材料のサイズと数の決定
- ・サイズに合ったボルトの決定
- ・現地では梁と張り綱を入れて強度を保つ
- ・波板はフックボルトで梁に固定する
- ・コーナプレートを使用する
- ・枠を組み立てて、その後アンカーを打ち固定する

④OTCについて

I 必要な道具と材料のサイズと数

設置に必要な道具

スパナ(2本)・水平器(2つ)・差し金・ペンチ・電動ドリル
道具の数は多いほうが作業が楽になる

表1 材料のサイズと数

用途	サイズ(mm)	OTC1基に必要な数	備考
支柱	30×30×2400	4本	鋼材L型アングル2400mm
梁	30×30×1050	18本	鋼材L型アングル2100mmを二等分して使用
アンカー	30×30×525	3本	鋼材L型アングル2100mmを四等分して使用
波板	12×650×2100	8枚	ポリカーボネート製波板7尺
ボルトセット	8mmボルトナット	71組	ボルト・ナット・ワッシャー
フックボルト	1/4×38、3/16×50	108本	数が揃わなかったため2種類使用
コーナープレート	76×76×0.75	16枚	スチール棚用コーナープレート
張り綱	10×200M	適当に切断して使用	ビニールハウス用マイカ線

II 設置手順

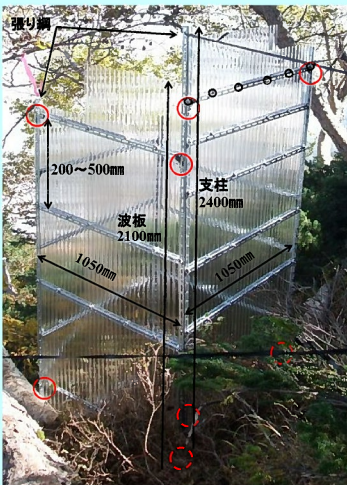


図11 現地に設置したOTC

OTC設置手順(図11参照)

1. 現場の状況を勘案してOTCの向きと支柱の位置の目安を決め、下側の支柱から作業を開始する
※調査区的位置、地面の状況、斜面の方向に注意する
2. 支柱を幅1050mmで立て、上下を梁でつなげる
3. 梁と支柱の間にコーナープレートを入れ、直角になるようにする(○の位置に入っている)
4. 4本の支柱を上下の梁でつないだら支柱の鉛直、直角を調整して固定する
5. 必要に応じて2~5本の梁を追加して固定する
※梁の間隔は適当で、斜面の上側は多くする
6. アンカーを打ち込み、支柱と固定する
※アンカーの位置、向き、深さに注意する
7. 波板を梁に固定する(梁1本につき6か所、○の位置)
※斜度の関係で波板と地面の間には隙間ができる
8. 支柱の上端から張り綱をはり、周辺の適当な樹木に固定する

III OTCの下部(図12参照)



図12 OTCの隙間

波板と斜面との間にできる隙間(図の線で囲まれた部分)は、夜間装置内の温度が低下するチムニー効果の軽減と小動物等の往き来を可能にして装置内をより野外の条件に近付けるためにそのままにした

アンカー(図の○)は支柱と固定できれば良いので打ち込みやすい場所・方向に打ち込んである

IV 試作と設置の費用および労力

表2 費用

費用	総材料費	輸送費(ヘリ代)
試作時	41,660円	—
設置時	389,522円	120,000円

表3 労力(1人で1日かかる仕事が1人・日)

労力	作業時間	作業参加人数	労力
試作時	40時間	3名	5.5人・日
設置時	75時間	6名	10.5人・日

V 2種類のOTCを合計10基設置



図13 夏季タイプ



図14 通年タイプ

夏季タイプ 5基
積雪期に波板を取り外す
通年タイプ 5基
一年中波板取り付けのまま



図19 高山～亜高山帯に設置されたOTC

⑤OTCの設置

I 設置の準備

人力で荷物を標高2500mまで運ぶことは非常に困難なため、周辺の山小屋に荷揚げを行っている航空会社にヘリによる荷上げを依頼した。落下しないように厳重に梱包(図15)重量制限600kg(表4)



図15 荷物を下ろすヘリ



図16 ヘリで運んだ560kgの荷物

表4 荷物の重量

支柱等アングル類	330.6kg
波板	112.0kg
ボルト等固定用品	76.9kg
観測機器等	約30.0kg
組み立て道具・その他	約10.0kg
合計	560kg

II 設置

筑波大学・信州大学の関係者計12名が9月27日からの6日間、信州大学西駒演習林内での設置作業・運搬作業を行った。その間西駒山荘に宿泊した。筆者らは二日目から最終日まで滞在した。麓から西駒山荘まで4時間30分、西駒山荘から現場まで30分の道のりだった。

初日 天候:くもり

ヘリの荷上げを西駒山荘付近で待つために2人入山。

二日目 天候:雨

悪天候のためヘリの荷上げは行われなかった。翌日からの作業に備えて雨の中3人入山。1人下山。

三日目 天候:晴れ

雲が多かったがヘリの荷上げは行われた。設置場所や荷物の確認等を行い、設置を開始した。初めて現場で組み立てたOTCは少し歪んでしまった。信州大学グループ7人と合流。OTCは外枠4基設置完了。2人下山。



図17 現場での設置の様子

四日目 天候:雨

雨の中の作業は体力・集中力の低下が激しく、作業もはかどらなかった。体調を考慮して早めに作業を終了し、西駒山荘に戻った。OTCは外枠4基と1基の波板設置完了。3人下山。

五日目 天候:晴れ

下山予定日だったが、ヘリの荷上げが1日遅れたこともあり、予定を変更して延泊することにした。OTCは外枠2基を設置し、4基の波板を設置した。OTC計10基の外枠の設置が終了、補強の張り綱を残して作業終了。

六日目 天候:晴れ

張り綱を設置し、来春に備えて現場に残置する荷物を固定した。現場の後片付けを行い、すべての作業が完了した。その後6人で下山した。麓までは2時間30分の道のりだった。



図18 全作業終了後の集合写真

まとめ: OTCを設置した場所にはあらかじめ調査区が設置されていた関係で、予定通りOTCを回転させて設置できない場所もあった。最初に設置したOTCや集中力が低下したときに設置したOTCは歪みが大きくなってしまった。急斜面でも作業は想像よりも困難であった。しかし、全体では予想以上の完成度のOTCを設置することができた。下見から設置まで多くの方に協力していただき、大きな怪我もなく、予想以上の成果を残して無事に下山することができたことを深く感謝いたします。