

地球温暖化観測所の設立に向けて —正しく知ることの重要性—

近藤純正（東北大学名誉教授）

1. 私の研究観
2. 十和田湖物語 戦後復興と電力不足
3. 海面バルク法物語 数値予報精度向上「気団変質実験」
4. 熱・水収支の研究 森林蒸発散、砂漠気候
5. 地球温暖化量の正しい評価 **定年後の仕事**

詳細は「近藤純正ホームページ」を参照
<http://www.asahi-net.or.jp/~rk7j-kndu/>
「K215」、「K216」

2021年4月5日

1. 私の研究観

科学は「観測→解析→理論の構築→観測によって検証」
のサイクルによって発展していく

観測

計画 測器の準備、予想される結果をまとめる

観測結果 予想される結果と予期せぬ結果(自然の面白さ)
先入観・常識にとらわれるな

若いとき 物理学を理解 基本原理を徹底的に研究する
(基礎ができれば応用もできる)

研究態度 流行に惑わされるな 孤独に耐え 勇気をもて
良い論文を熟読し 考える時間を多く持とう

100点満点の論文は無い 疑うことも重要

観測資料には誤差(改ざん値)を含む それを見抜く力を持つ

正しく知ることの大切さについて話したい

私の少年時代

軍国主義 → 戦後 大革命 自由

私の大学～院生時代

東北大学教授 山本義一(1909～1980)

気象学概論(1951年)、大気放射学(1954年)

地球温暖化問題 温室効果ガスの放射伝達の数値解法を確立

大学4年生、院生1年生時代に与えられた研究課題

Lake, J.V., 1956: QJRMS,82, 187-197

夜間の裸地面上に極小低温層 論文発表

課題: 極小低温層 観測と計算から解明

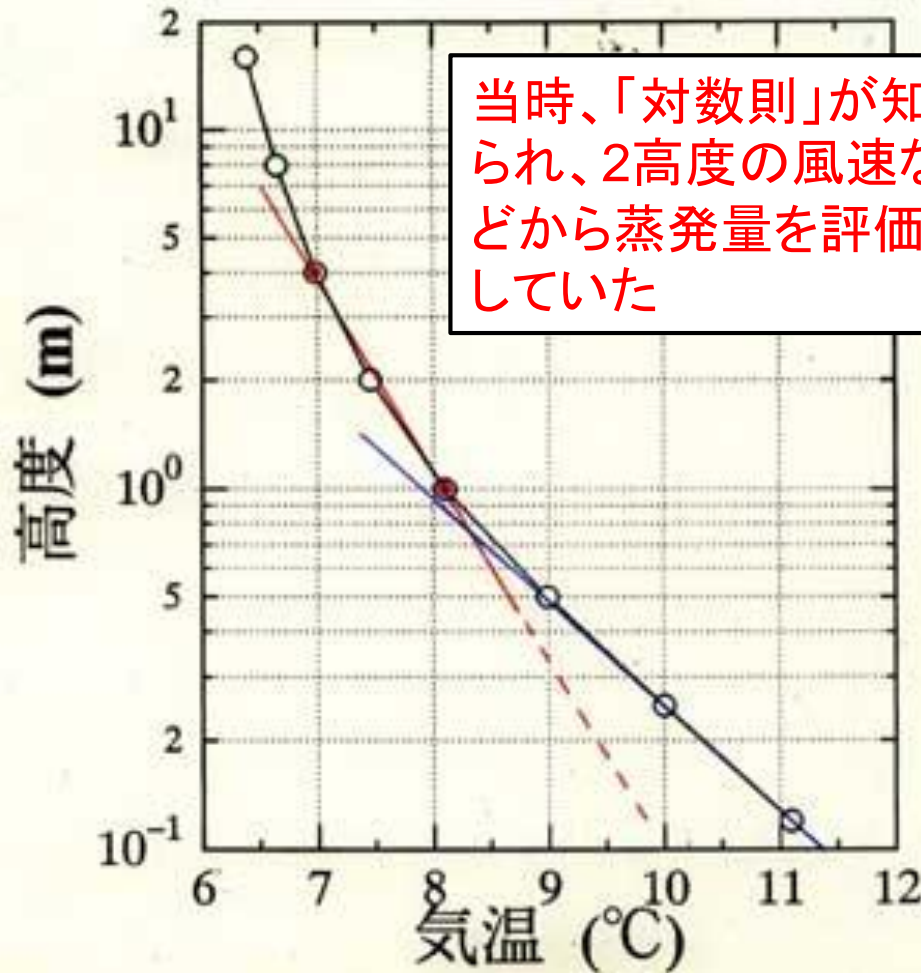
→ 大気放射学を学ぶ

社会 戦後復興に伴う電力不足の解消
ダムの建造 人工降雨の研究開始

課題: 貯水池・十和田湖の蒸発の研究

→ 大気乱流、熱収支論を学ぶ

2. 十和田湖の蒸発の研究(戦後復興と電力不足)



当時、「対数則」が知られ、2高度の風速などから蒸発量を評価していた

図5.5 気温の鉛直分布の例 (大気の安定度が不安定状態のとき)。赤線はその時代の評価方式

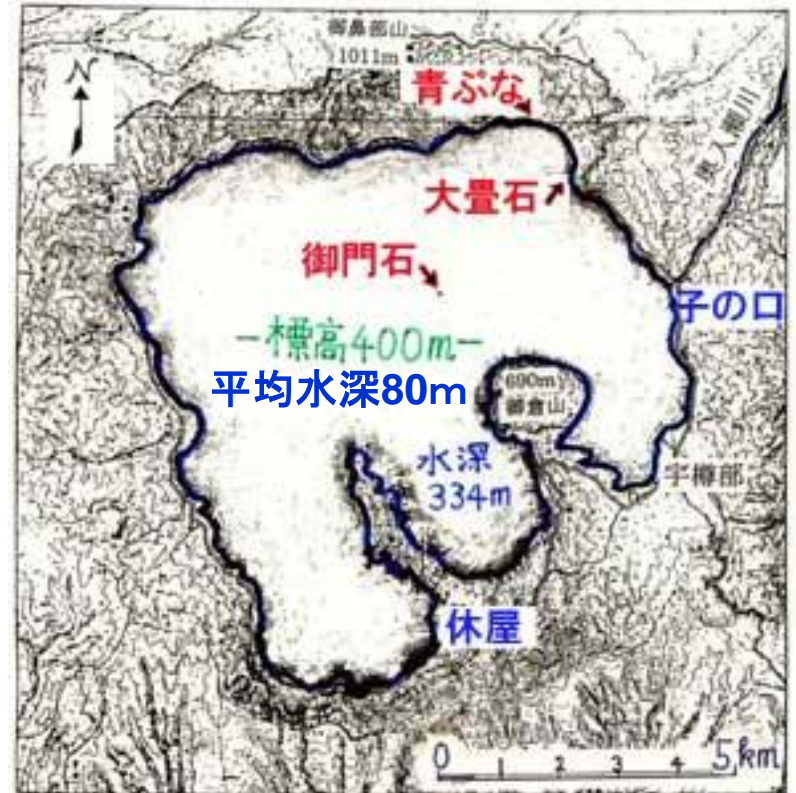


図5.1 十和田湖の地図



KEYPSの式

大気安定度を考慮した「バルク法」を開発した。蒸発量を求めた。

バルク法によって求めた蒸発量には、風速の観測誤差が直接含まれる→ 風速依存性の弱い熱収支法も用いた

クイズ 湖の年蒸発量は北海道で400~500mm、中部~九州で800~1000mmである。この違いを生む主な要因は？

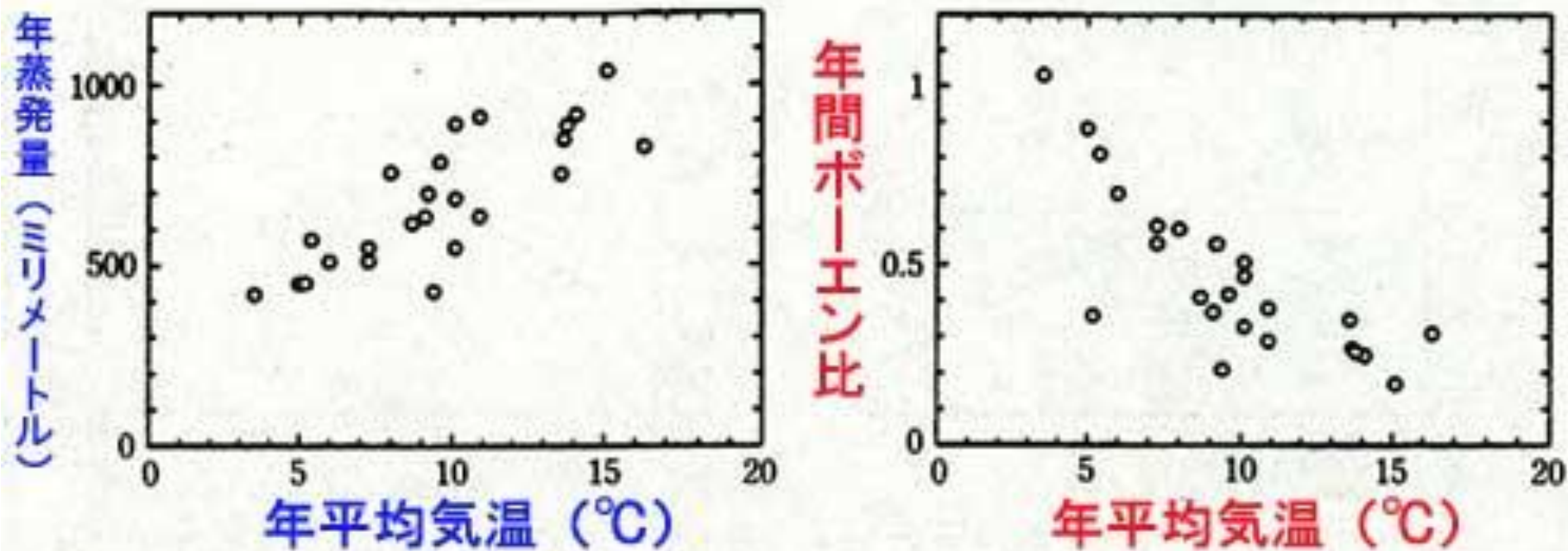


図5.15

左：日本各地の湖における年平均気温と年蒸発量の関係

右：年平均気温と年間ボーエン比（顕熱輸送量/潜熱輸送量）

の関係（「地表面に近い大気の科学」 図5.5）

1960年代 社会的背景

1959年 伊勢湾台風 死者不明5千名余

1959年 気象庁にIBM計算機導入 数値予報の試験開始

1960年 池田勇人内閣 「もはや戦後ではない」「所得倍増計画」

1964年 東京オリンピック

数値天気予報の精度は低かった

冬の東シナ海で発生した低気圧が急速に発達し、首都圏に大雪を降らせ交通麻痺を起こし、さらに東方海上では漁船の遭難や大型船の大破事件があった。

数値天気予報の精度向上の必要(世界中が必要性)

1974年と1975年の2月に東シナ海において国際協力研究AMTEX「気団変質の実験」が計画され、その準備研究がはじまった。十和田湖蒸発の研究で開発した「バルク法」の精度を上げる必要があった(東シナ海では海洋運搬熱が大きく熱収支法は不可)。

3. 海面バルク法の精度向上の研究(数値予報精度向上「気団変質実験」)

バルク法: 1高度の風速・気温・湿度と地表面温度から、大気安定度と顕熱・潜熱輸送量と摩擦力を知る方法。

当時、各地に海洋観測塔が建造されていた。



「M16」の図16.2 相模湾の平塚沖1kmに1965年9月に建造された海洋観測塔、高さは水面上25m、水深は20m。陸上施設まで海底ケーブルが埋設、建造費は1億1千万円

観測に先立ち、塔のまわりの風速分布を計算と観測により確認

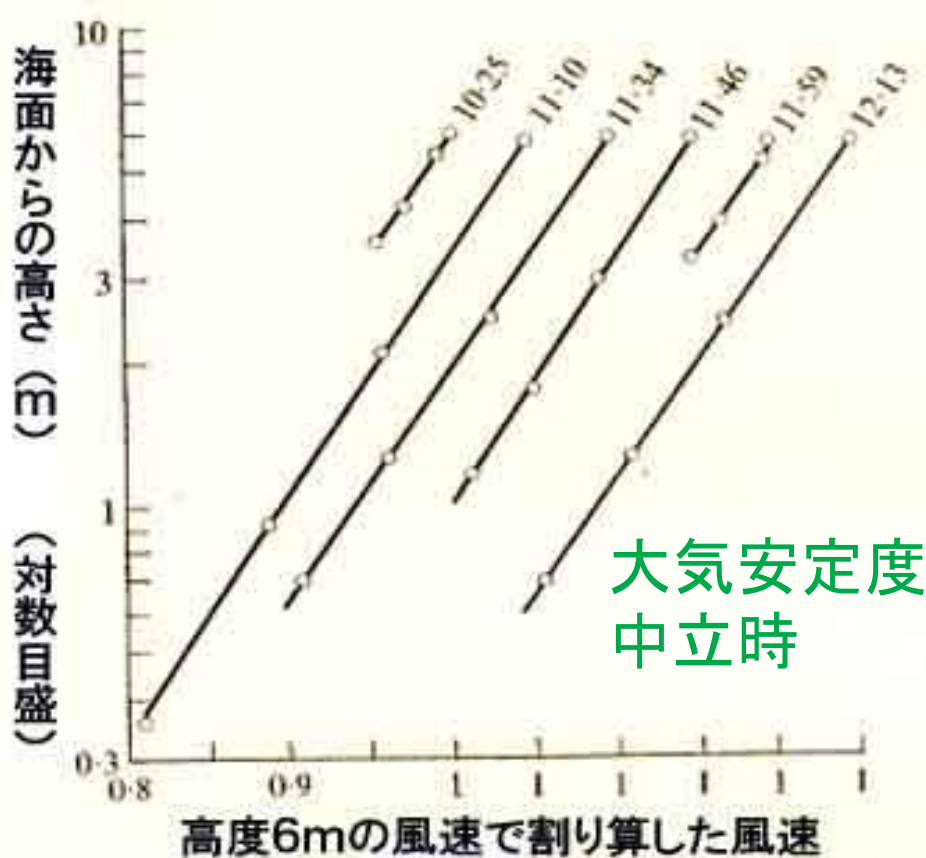
当時、海面上の風速鉛直分布に「キंक(遷移層)」
ありの論文が次々に発表されていた。

風速分布のキंक(遷移層)否定の研究

理論的……風速計の動特性による誤差

観測による検証

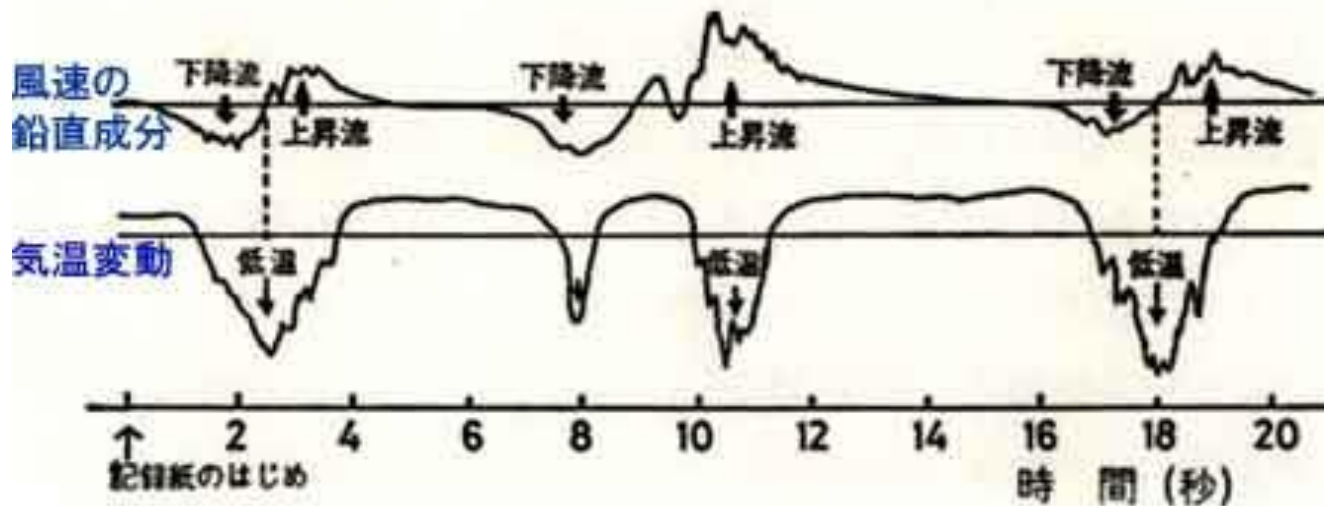
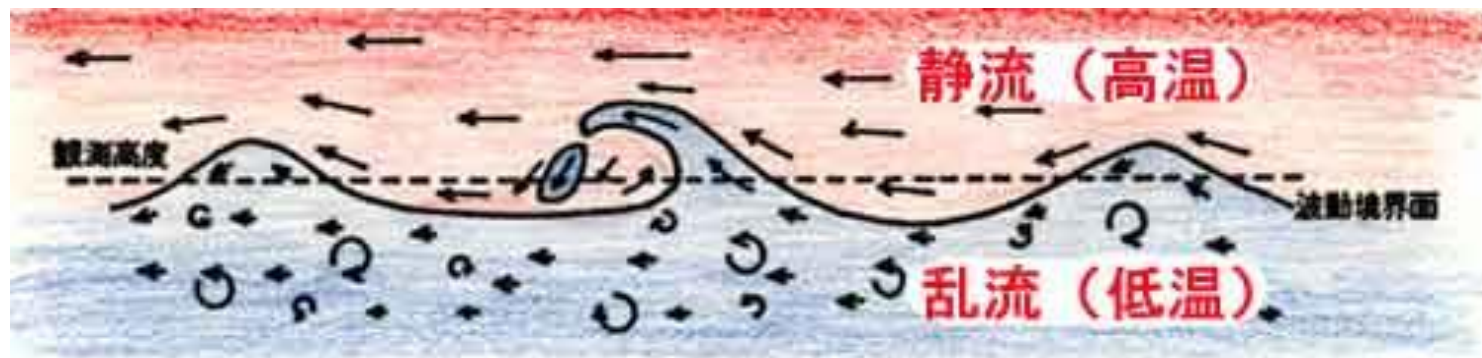
→良追従の風速計開発



「M16」の図16.4
風速計群を上下させながら
観測した風速鉛直分布。横
軸は分布ごとに0.05目盛り
ずつ右方へずらしてある。

面白い副産物も得た (うねり
に誘起された風速変動)
(Kondo et al., 1972,
J.Fluid Mech.)

大気安定度が非中立時のKEYPS式の確認 安定時は不成立！

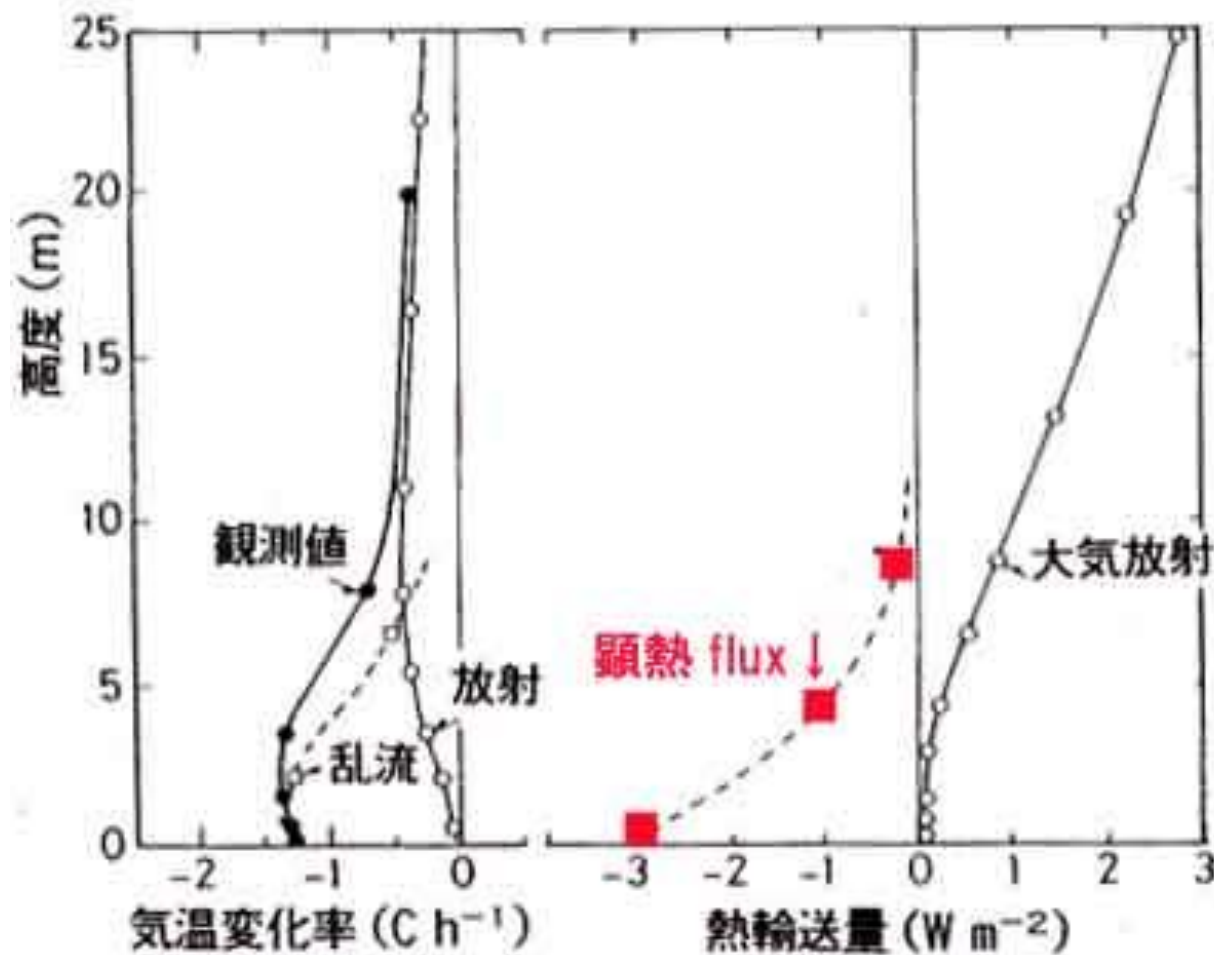


予想外の
結果！

「M16」の図16.14

稲刈り後の大崎平野の水田で観測、安定時の接地層における流れの構造。(上)模式図、(下)風速の鉛直成分と気温変動の記録

(Kondo et al., 1978, JAS; 大気境界層の科学、図5.11)



平地の夜間
 乱流境界層はごく
 低層、数m以上で
 は放射影響が大

図16.16 非常に安定なときのフラックスの高度分布。

右図; 赤四角印は乱流による顕熱フラックス(観測値)、小さい黒丸印は地表面の値をゼロとしたときの長波放射量のフラックス(計算値)、左図: 気温変化率。

(Kondo et al., 1978, JAS; 地表面に近い大気の科学、図4.18)

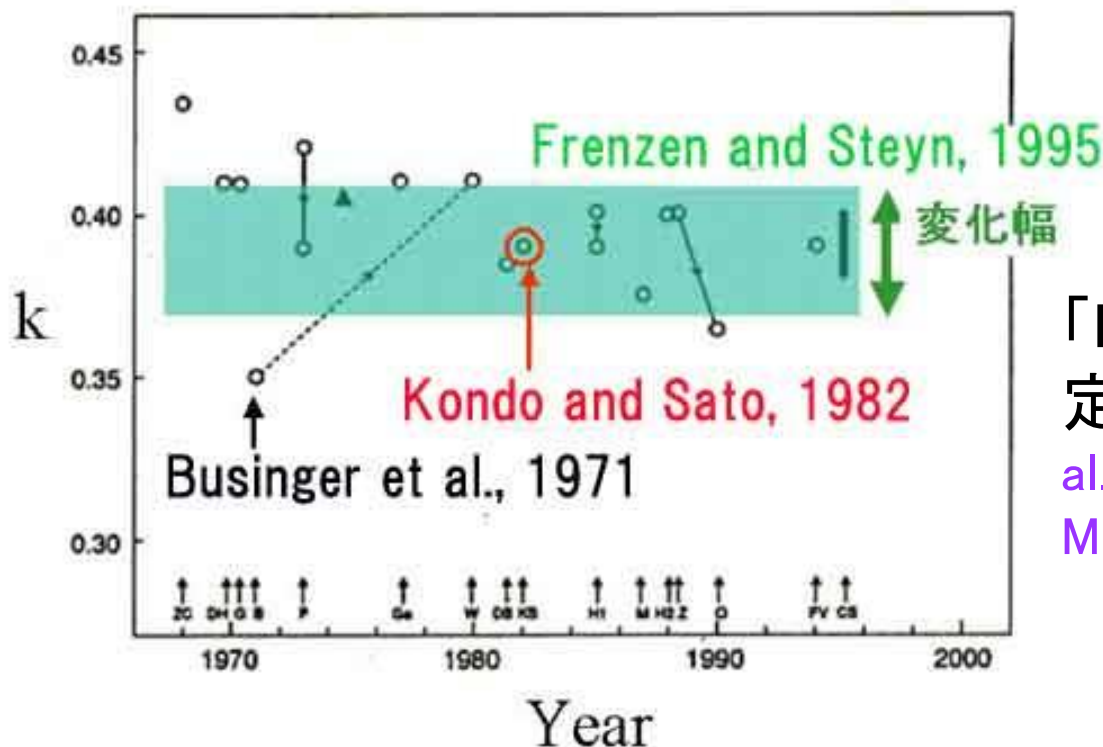
カルマン定数の研究

1960～1990年の世界
大気乱流研究の全盛期

大気安定度が中立時、接地境界層における運動量輸送量（摩擦応力）と風速鉛直勾配を結びつける係数（ $k = 0.4$ ）。

1968年のカンザス実験から決めたBusinger et al.(1971)の $k = 0.35$ が世界標準だという雰囲気となる。

1977～1980年の4年間の観測、各種補正、合計259ランから、 $k = 0.39 \pm 0.03$ (Kondo and Sato, 1982 : JMSJ)。



「M16」の図16.13 カルマン定数 k の変遷。(Garratt et al., 1996, Boundary-Layer Meteorol., に加筆)

4. 熱・水収支の研究 森林蒸発散、砂漠気候(1989～2000年)

中国乾燥域 水・熱収支研究プロジェクト 参加せず基礎研究

仙台市民のイベント活動を応援・指導

○北極圏から仙台へ冰山を運ぶイベント

○時の流れを語るイベント

水時計・・・粘性：温度依存性強い

砂時計・・・1989年夏「花と緑の博覧会」

「花と緑の博覧会」で80日間大砂時計を展示

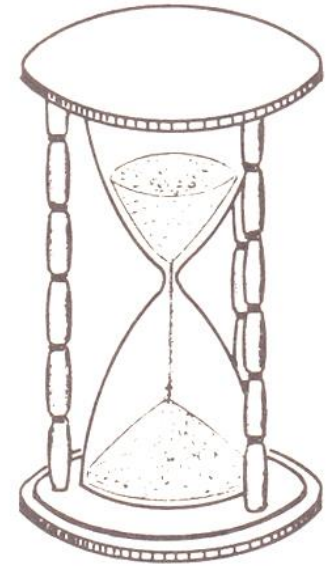
50分の誤差 = $50分 / 80 \times 1440分$ の誤差

誤差0.043%の精度

準備実験を24時間砂時計で行い

温度と気圧と風速(砂の落下速度)の基本原理に気づく。

さらに、砂時計の中に砂漠気候を見た。



「M58.砂時計で学ぶみんなの科学(砂漠気候)」、「6.気象学 夏の学校」

近藤、1987:夢冰山. 東北大学生協、pp.146

近藤、1989:大砂時計—世界初への挑戦の記録. 東北大学生協、pp.154

同時代に森林蒸発散の研究 日本66か所の森林蒸発散量の
季節変化を求める準備研究……降雨日の蒸発量は？

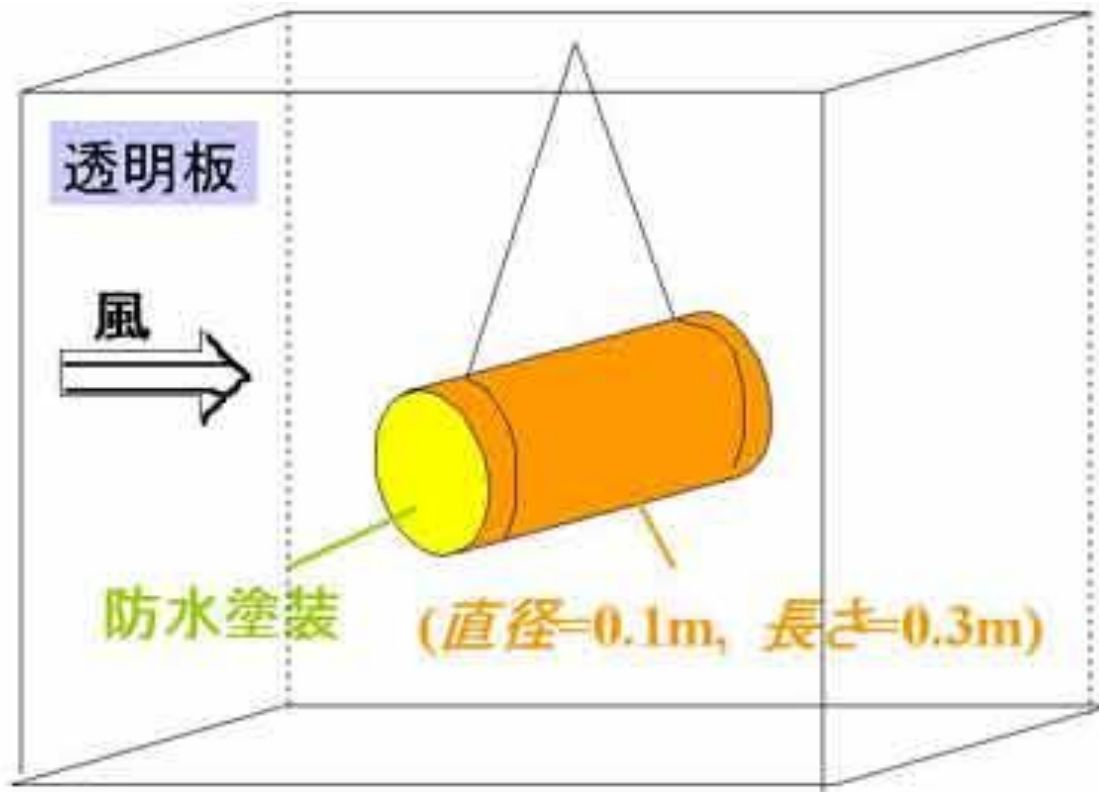


図6.8 風洞内に入れた濡れた松の幹の乾燥速度の実験(1991年)。

「研究の指針」の「6. 気象学 夏の学校」の図6.8

クイズ 風速1m/s の場合の重量変化を**緑色**の曲線で示した。風速3m/s のとき、カーブはどのようになるか？

(a) か (b) か？

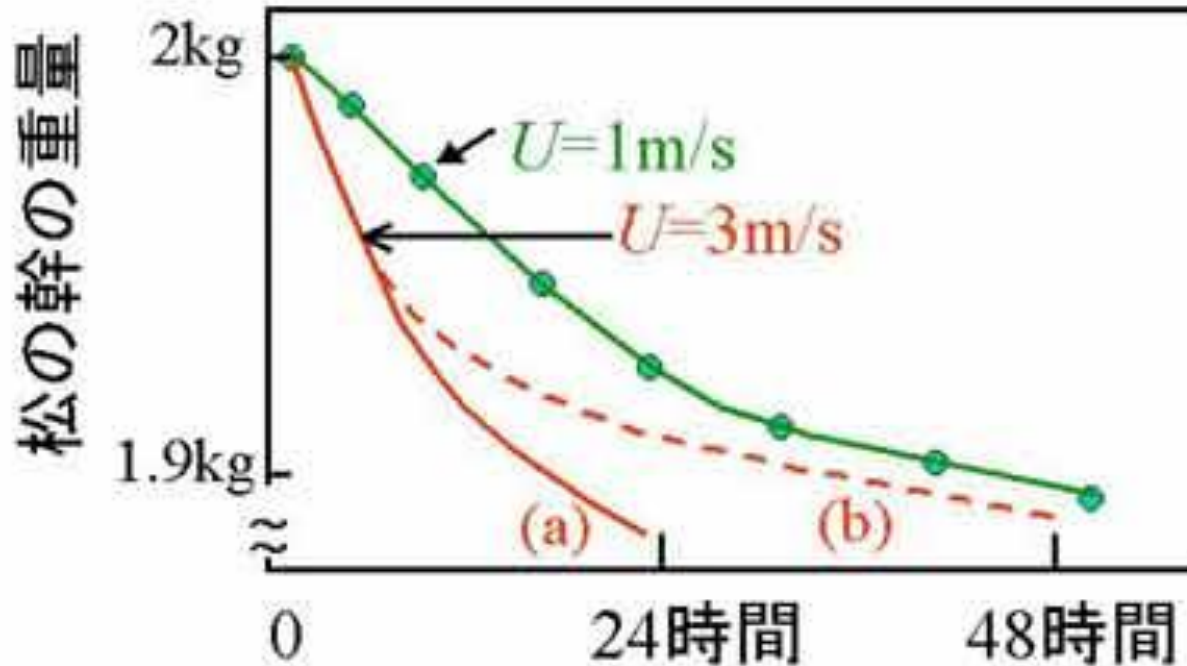


図6.9 濡れた松の幹の重量変化の実験曲線。

蒸発速度は風速に依存しなくなっていく → 予想外の結果！

砂漠の水循環、菓子・干物・厚物衣類の乾燥、電気回路の電流、熱・水循環過程は同じ。土壌粒子間の熱・水分輸送過程のモデル化。

(Kondo et al, 1991: J. Appl. Met. ; Kondo and Saigusa, 1994: JMSJ)

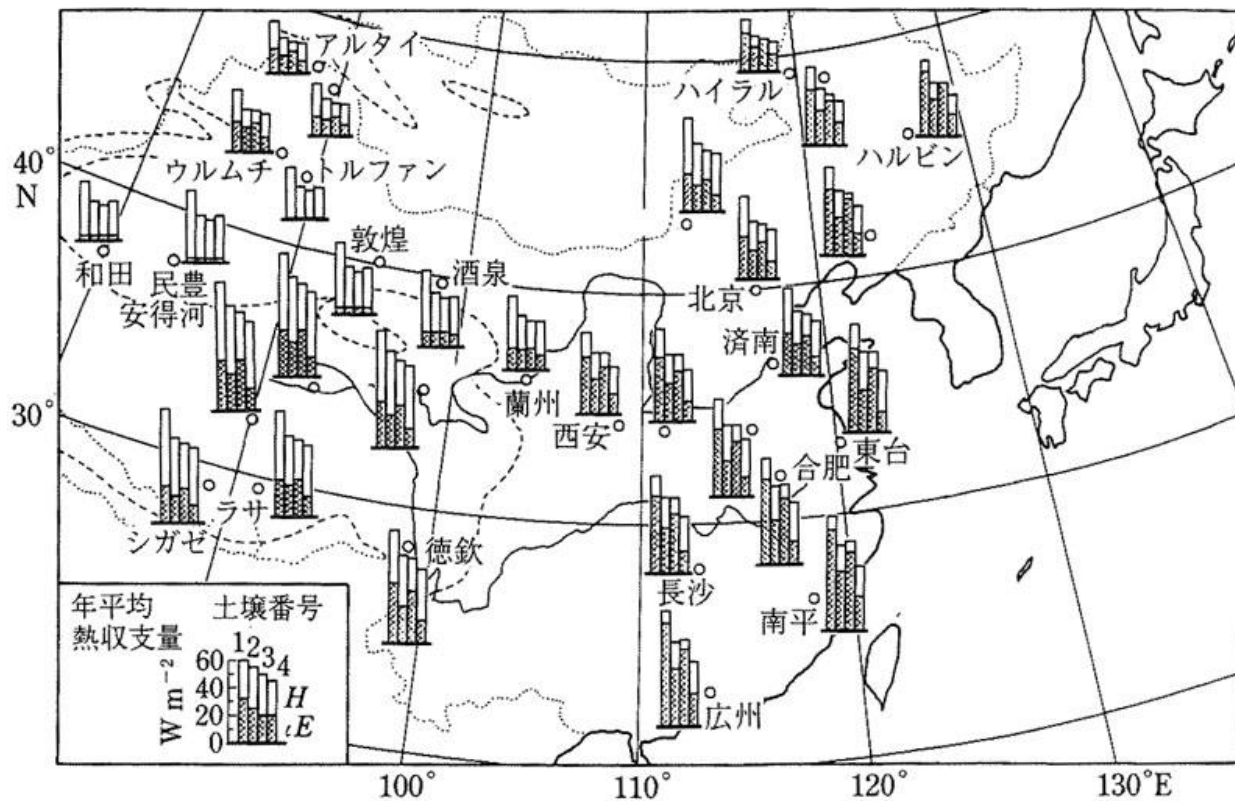


図6.10 中国各地に4種類の土壌(1, 2, 3, 4)があるとした場合の年平均顕熱輸送量(白い縦棒)と潜熱輸送量(ハッチ部分)の和の分布 (2:蘭州気象台の土壌、4:砂質土壌)。棒グラフの高さの説明は、図の左下に60W/m²の大ききさで示してある。

(Kondo and Xu, 1997, JAM; 近藤, 2000, 地表面に近い大気の科学)

○気候や地表面の種類(裸地、草地、森林)よる降水量・蒸発量・水資源量の関係を明らかにした(Kondo and Xu, 1997; 地表面に近い大気の科学)