

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](http://www.asahi-net.or.jp/~rk7j-kndu/)」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)

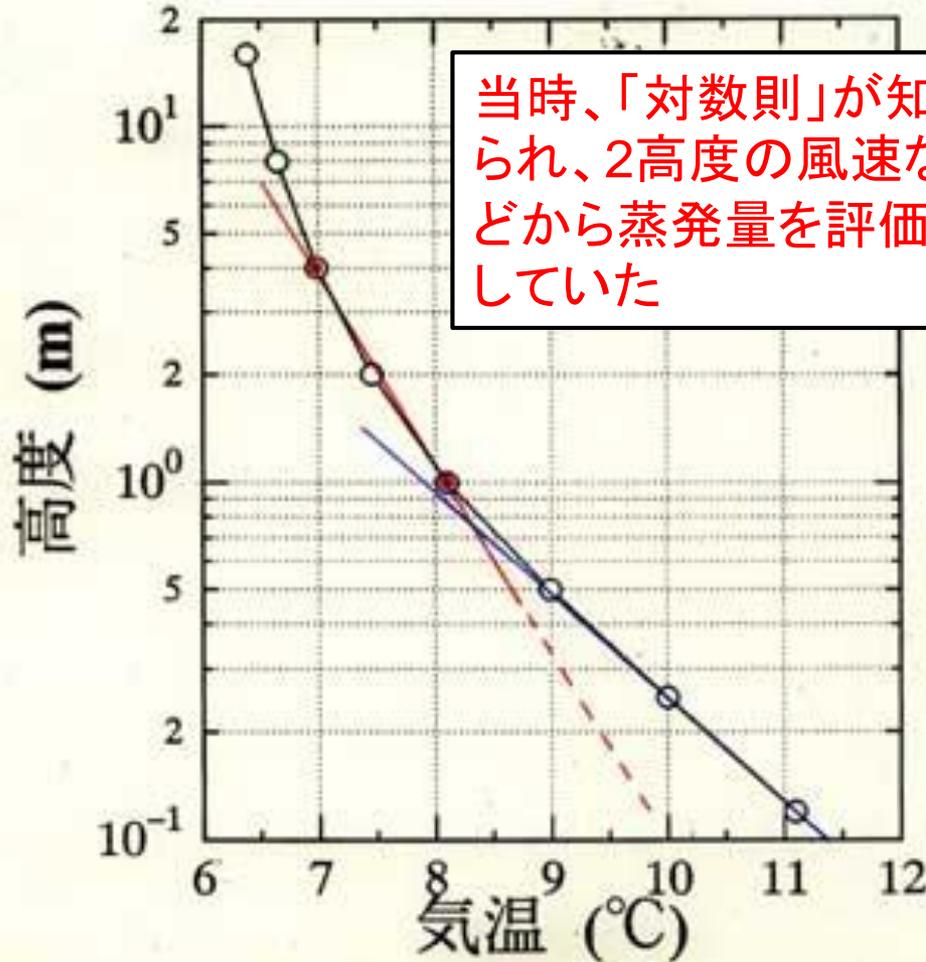


図5.5 気温の鉛直分布の例 (大気の安定度が不安定状態のとき)。赤線はその時代の評価方式



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？

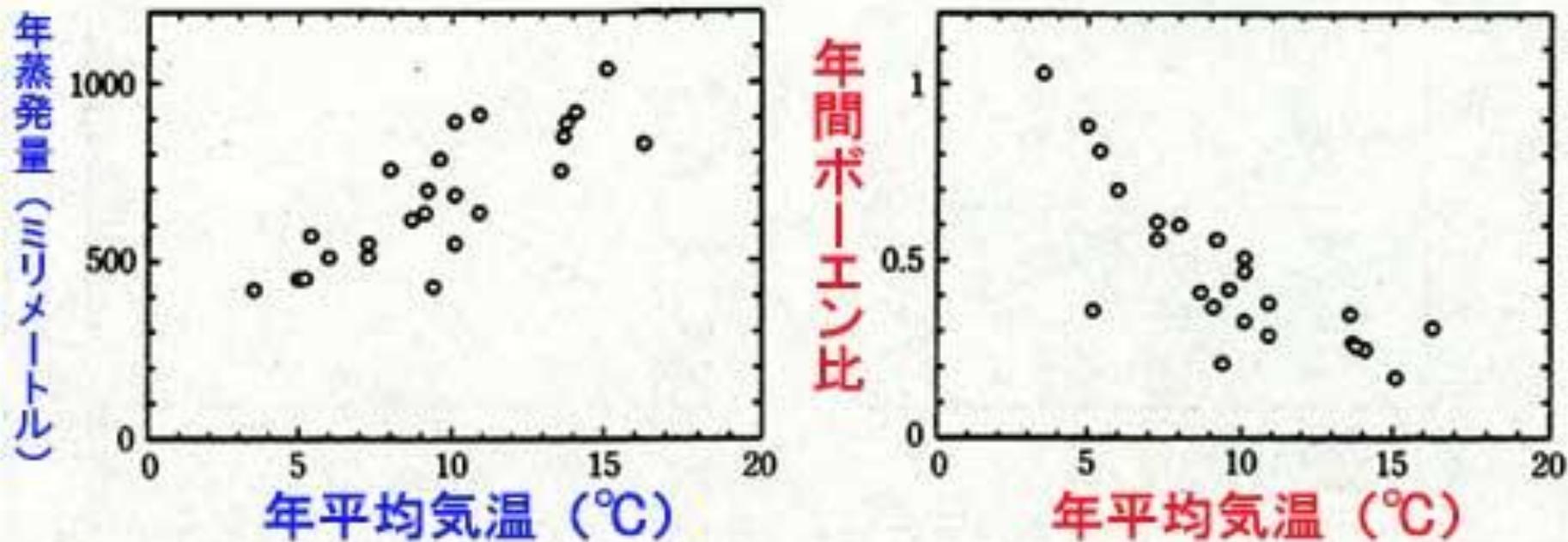


図5.15

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

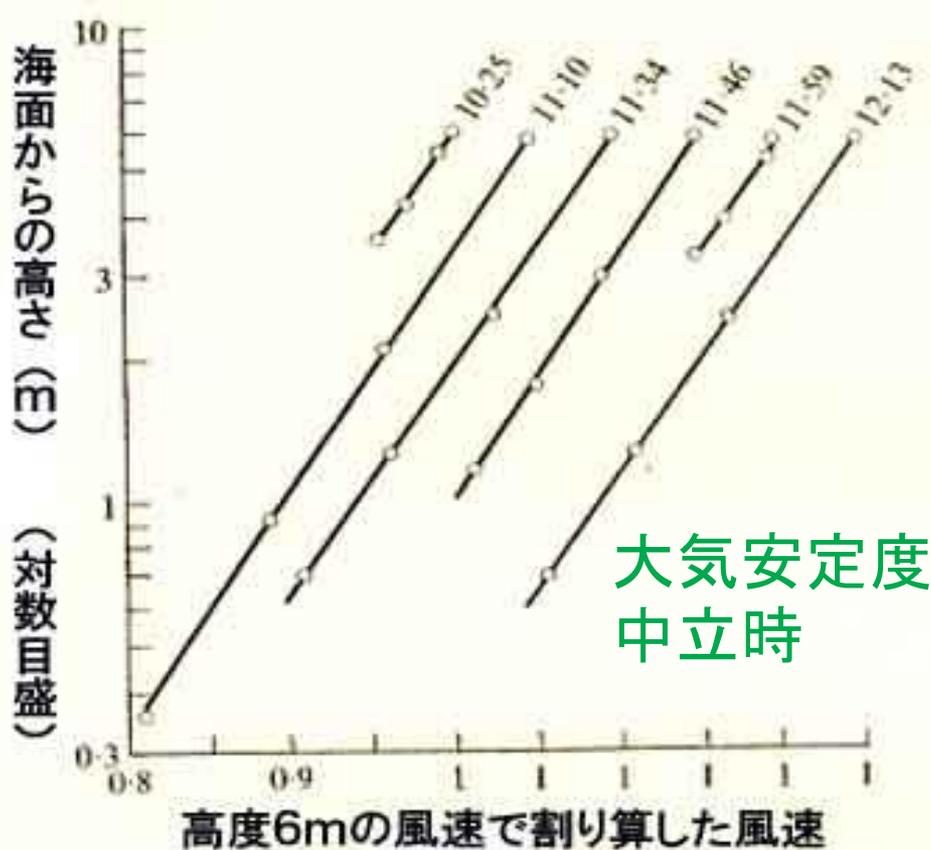
当時、海面上の風速鉛直分布に「キंक(遷移層)」
ありの論文が次々に発表されていた。

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

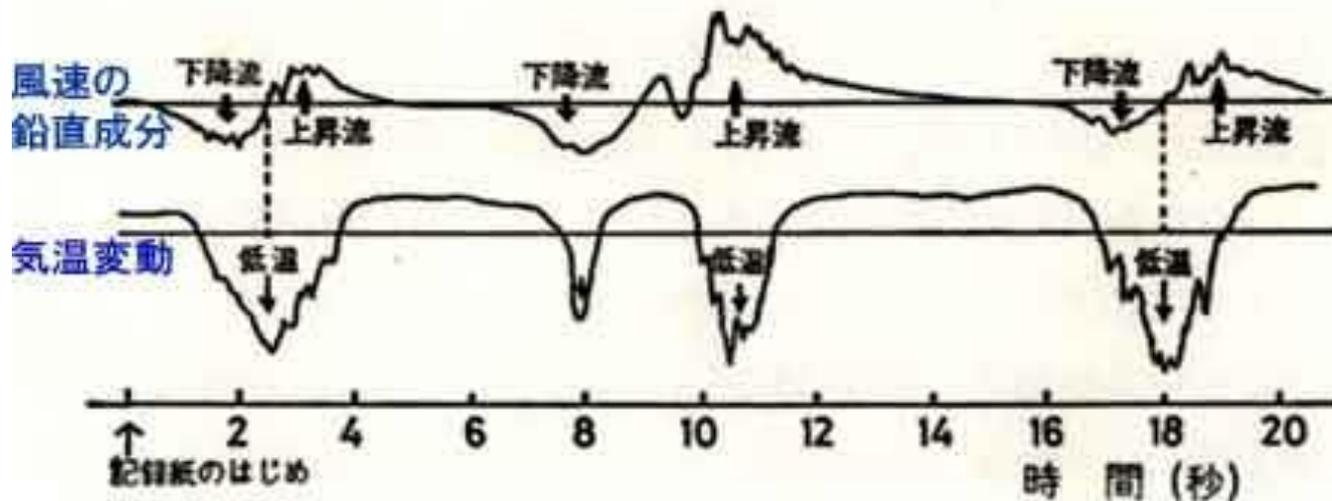
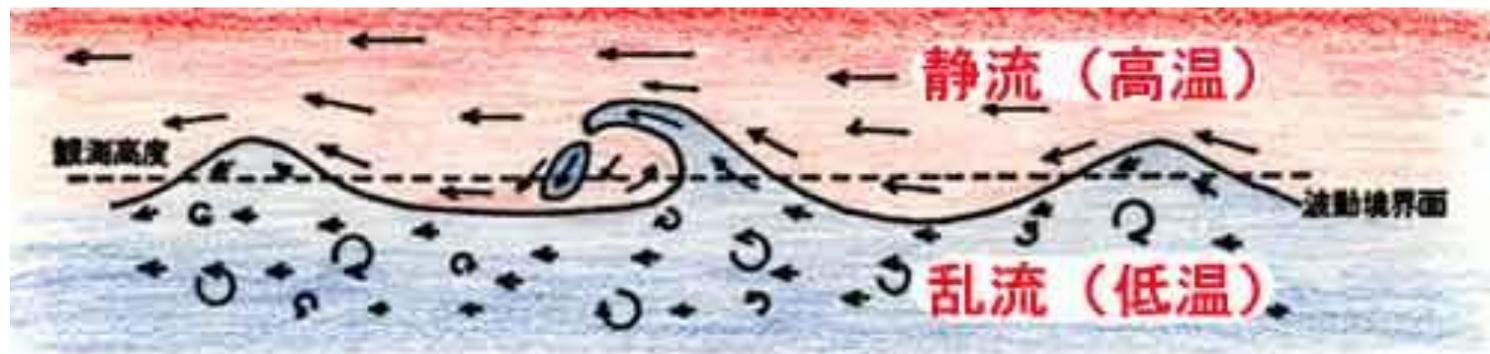
→良追従の風速計開発



「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！

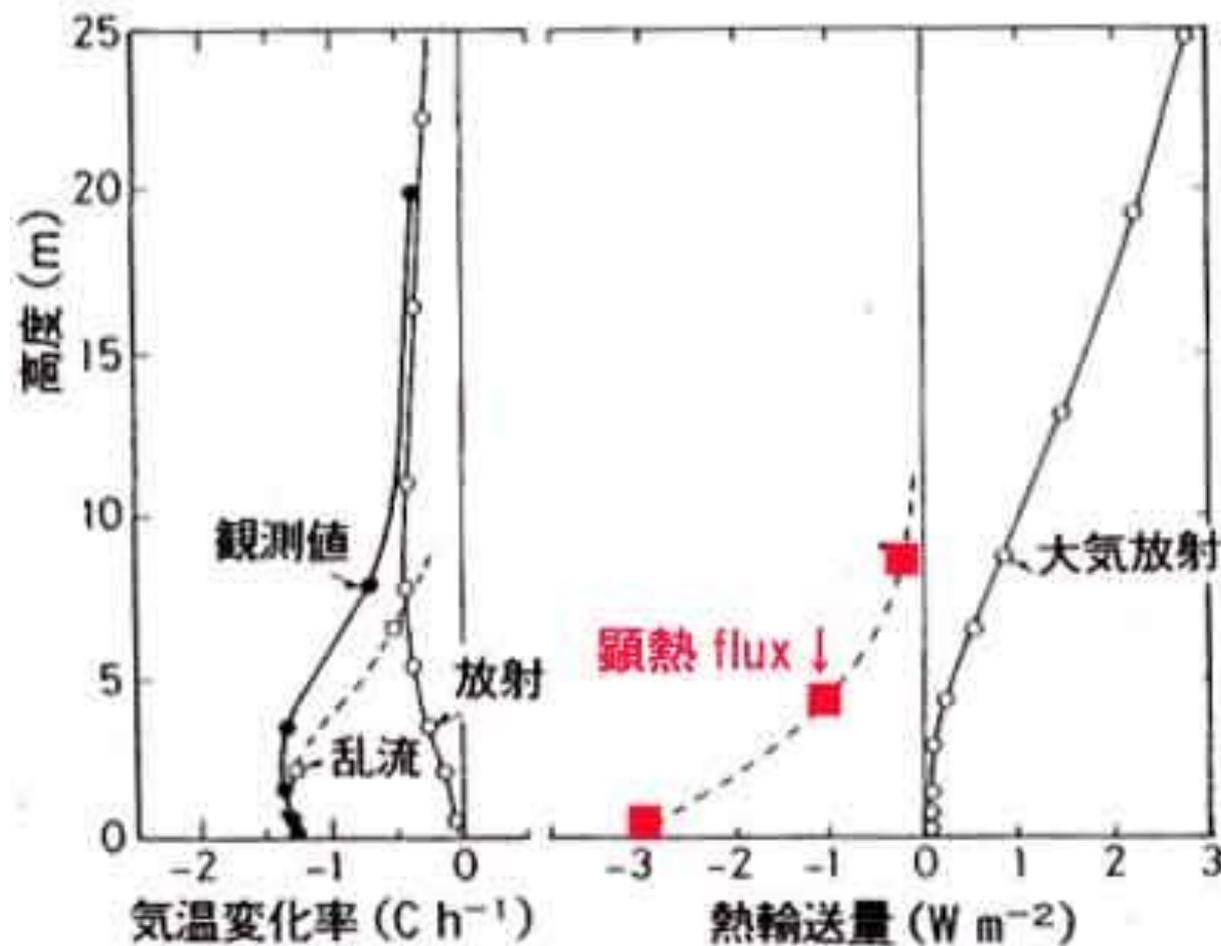


予想外の
結果！

「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)

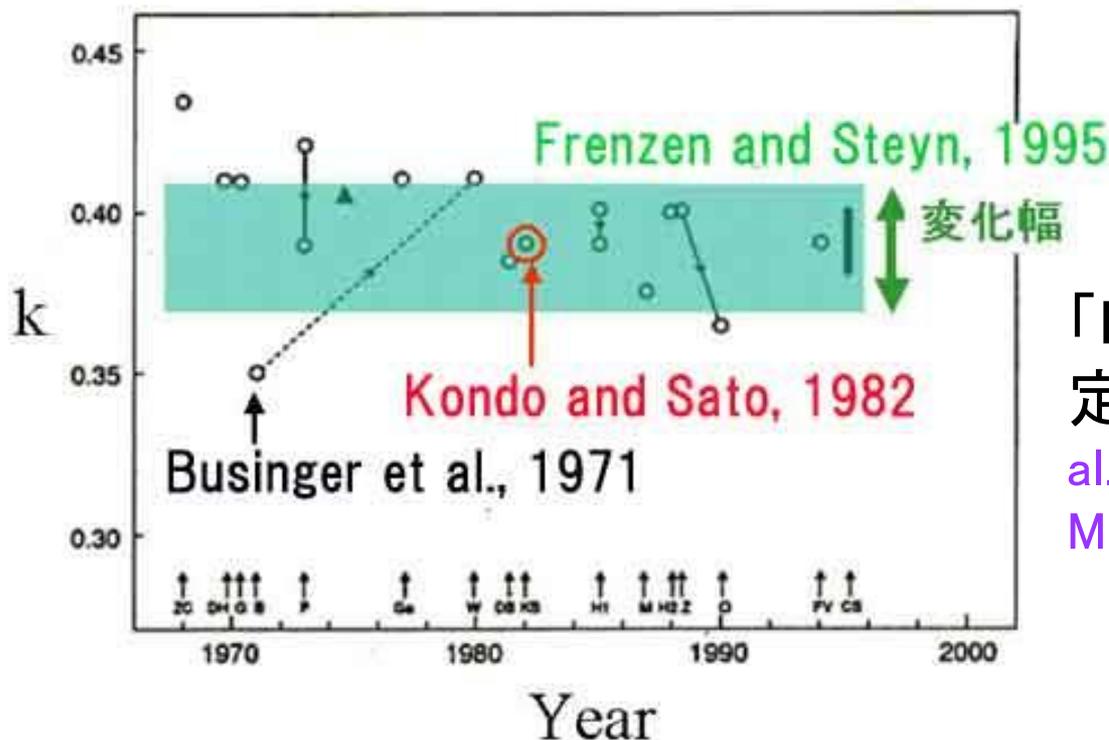
カルマン定数の研究

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

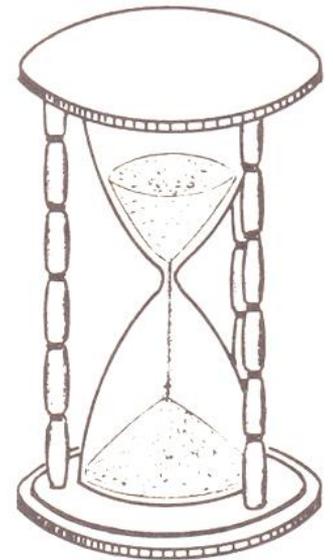
50分の誤差 = $50分 / 80 \times 1440分$ の誤差

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？

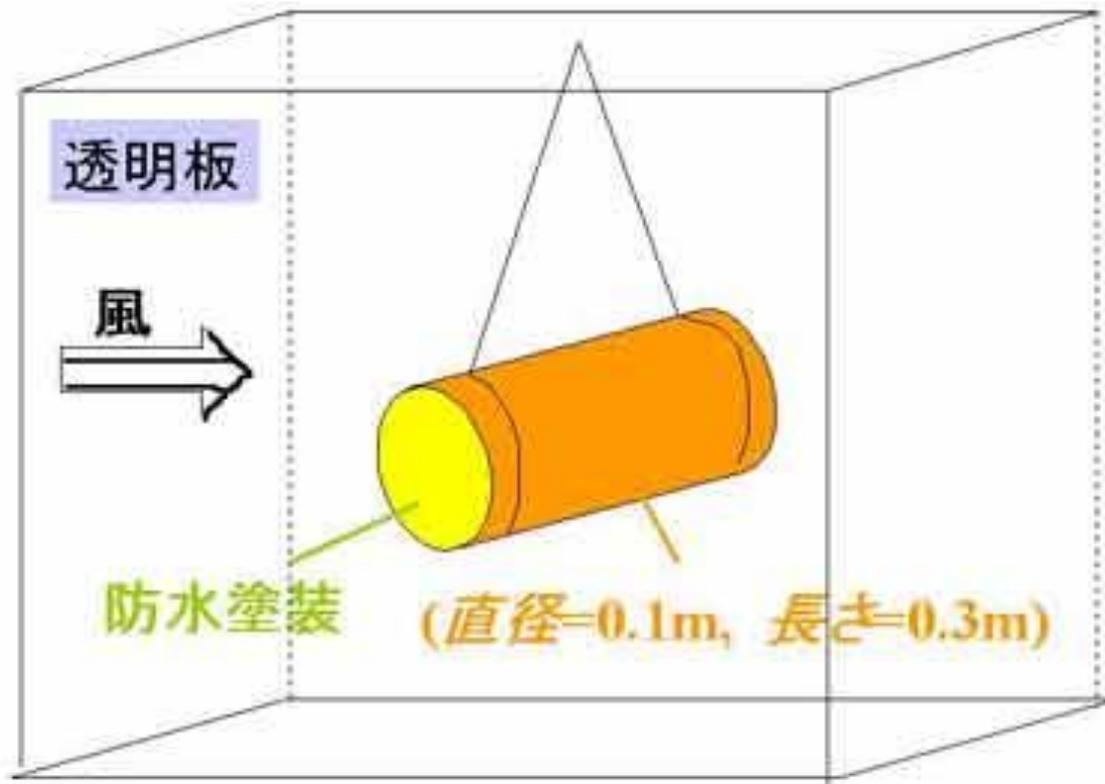


図6.8 風洞内に入れた濡れた松の幹の乾燥速度の実験(1991年)。

「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？

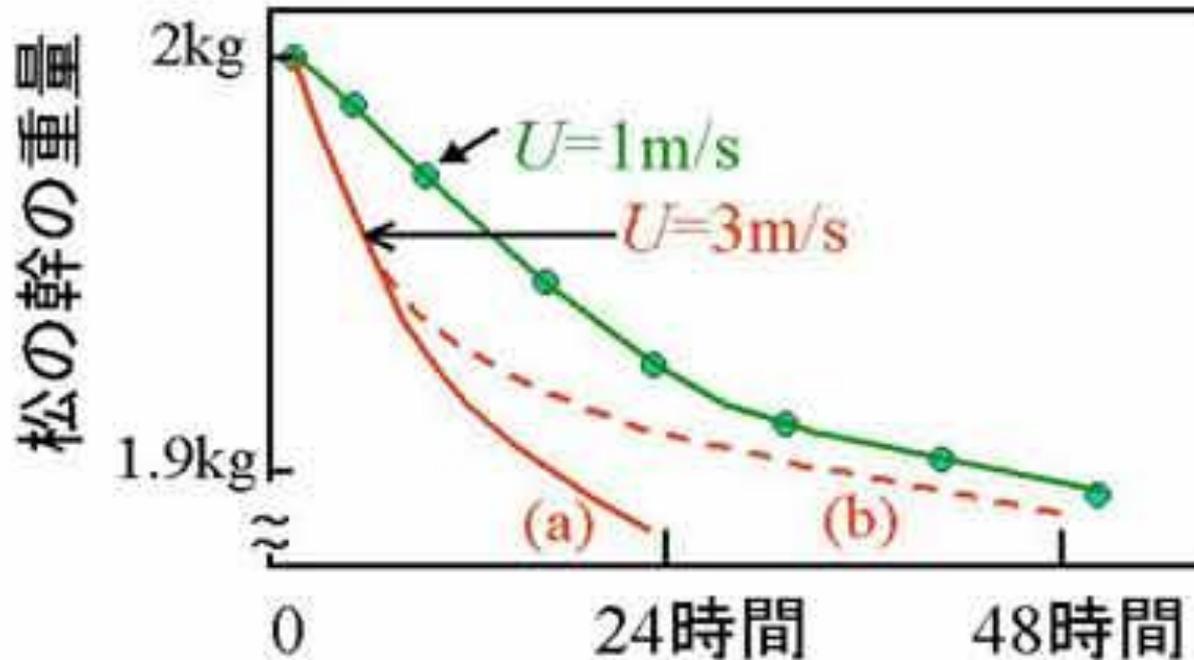


図6.9 濡れた松の幹の重量変化の実験曲線。

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)

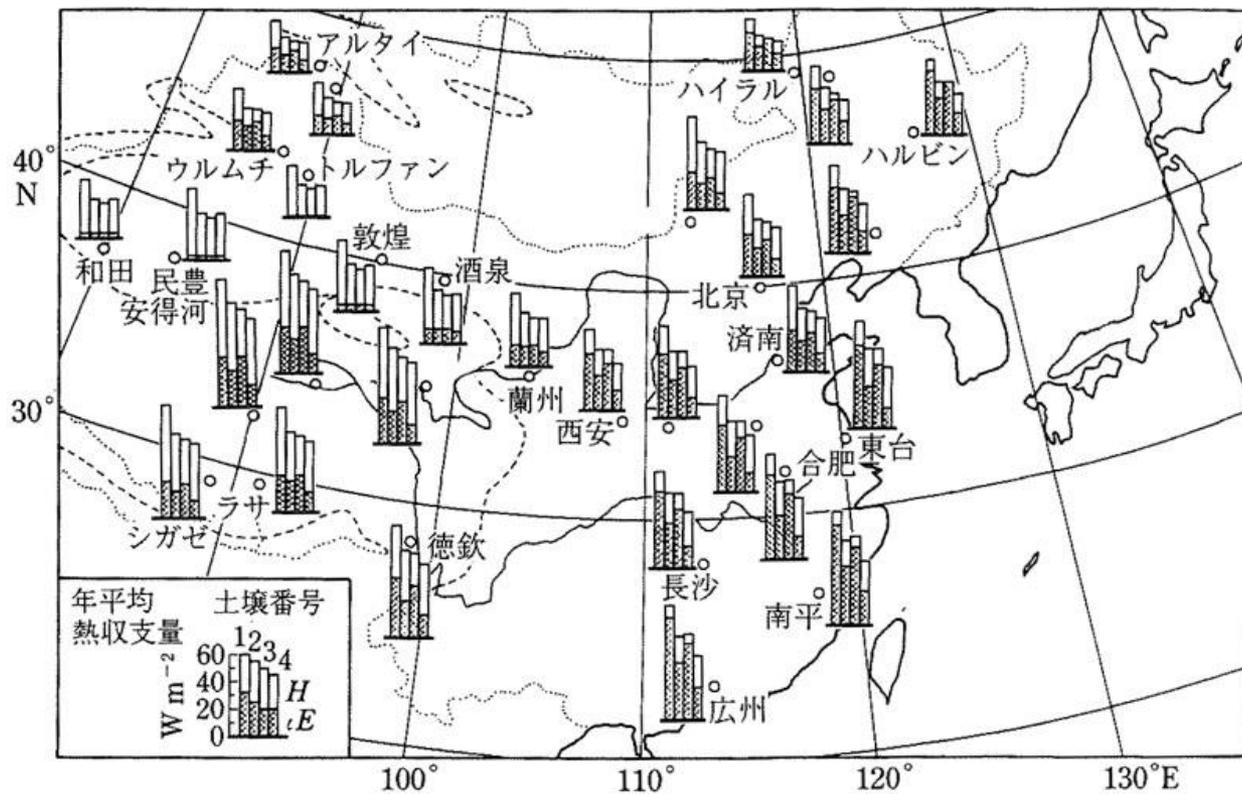


図6.10 中国各地に4種類の土壌(1, 2, 3, 4)があるとした場合の年平均顕熱輸送量(白い縦棒)と潜熱輸送量(ハッチ部分)の和の分布(2:蘭州気象台の土壌、4:砂質土壌)。棒グラフの高さの説明は、図の左下に $60W/m^2$ の大ききさで示してある。

(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)