
TITech-WARM

A Simulator for Water Reservoirs

User Manual

Takashi Nakamura

Department of Environmental Science & Technology

Tokyo Institute of Technology

March, 2012

តែតិចវ៉ាម៖

ម៉ូដែលសម្រាប់គណនាអាងទឹកបិទ

សៀវភៅណែនាំសម្រាប់អ្នកប្រើប្រាស់

តាកាស៊ី នាកាម៉ូរ៉ា

ដេប៉ាតឺម៉ង់វិទ្យាសាស្ត្រ និង បច្ចេកវិទ្យាបរិស្ថាន

វិទ្យាស្ថានបច្ចេកវិទ្យាតូក្យូ

ខែមីនា ឆ្នាំ ២០១២

ប្រែសម្រួលជាភាសាខ្មែរ

បណ្ឌិត សៀវ សុខលី

មាតិកា

សេចក្តីផ្តើម.....	6
វិសាលភាពនៃការគណនា.....	7
ប្រព័ន្ធគោលតម្រុយ	7
ដែននៃការគណនា.....	8
ការពន្លាហ៊ានលេខា	9
សំណាញ់ស្ប៉ូបាន.....	10
ការគណនាប៉ារ៉ាម៉ែត្រ ឬតំណាងគ្នា	16
ការបំបែកផ្នែកនៃប្រព័ន្ធគណនា	16
សមីការគ្រឹះ.....	19
ម៉ូដែលទែរម៉ូឌីណាមិក 3D k-ε.....	19
សមីការចលនា	20
ភាពដែលមិនអាចបង្កាប់បាន (Incompressivity)	21
សមីការដឹកជញ្ជូនសីតុណ្ហភាពទឹក ភាពប្រែ និងចំនួនស្តារីលេរីផ្សេងទៀត	22
សមីការទែរម៉ូឌីណាមិក	23
សមីការផ្ទៃទឹក	25
តម្លៃនៅតាមដែនកំណត់ (Boundary Conditions)	26
នៅលើផ្ទៃទឹក	26
នៅលើផ្ទៃបាតទន្លេ	28
នៅត្រង់ច្រាំងទាំងសងខាងខ្សែទឹក	30
នៅត្រង់ខ្សែទឹកខាងលើ និងខាងក្រោម	31

ម៉ូដែលដឹកជញ្ជូនកម្ដៅ	35
ផ្នែកខាងលើនៃផ្ទៃទឹក	35
ផ្នែកខាងក្រោមនៃផ្ទៃទឹក	39
ម៉ូដែលបញ្ចូលខ្យល់.....	40
ដំណើរការនៃការបញ្ចូលខ្យល់ក្នុងម៉ូដែល Vertical 1D Double Plume	42
សមីការត្រឹមនៃម៉ូដែល Vertical 1D Double Plume	44
បែបបទនៃការគណនានៃម៉ូដែល Vertical 1D Double Plume	45
សេចក្តីណែនាំនៃការគណនាល្បឿនលំហូរទឹក	48
រូបមន្តនៃការគណនា.....	51
ទីតាំងនៃអថេរ	51
ការគណនានៃ CIP Spatial Interpolations ក្នុងសំណាញ់ស្មើៗគ្នា.....	53
ការប្លាស់ប្រមាណ Spatial Difference ក្នុងសំណាញ់ស្មើៗគ្នា.....	56
Spatial differences តាមទិស x	56
Spatial differences តាមទិស y	59
Spatial differences តាមទិស z	59
លំដាប់លំដោយនៃការគណនា	61
វិធីសាស្ត្រ Time Splitting	61
ដំណាក់ 0-1៖ ការបម្រុងទុកអង្គចង្អុល	63
ដំណាក់ 0-2៖ ការរៀបចំរចនាសម្ព័ន្ធនៃតម្លៃលក្ខខណ្ឌដើម	63
ដំណាក់ 1៖ ការកំណត់គម្លាតពេល	63
ដំណាក់ 2៖ ការគណនា Advection	63
ដំណាក់ 3៖ ការគណនា Advection របស់បម្រែបម្រួលកម្ពស់ទឹក	65
ដំណាក់ 4៖ ការស្វែងរកអ័ក្សលិចទឹក (Submerged / Emerged Mesh Axes)	65

សៀវភៅណែនាំសំរាប់អ្នកប្រើប្រាស់	3
--------------------------------	---

ដំណាក់ ៥៖ ការផ្លាស់ប្តូរទីតាំងនៃសំណាញ់សូរ៉ូប្លាន	69
--	----

ដំណាក់ ៦៖ ការគណនាទំហំប៊ុយឡង់	70
------------------------------	----

ដំណាក់ ៧៖ ការគណនា Diffusion	71
-----------------------------	----

ដំណាក់ ៨៖ ការគណនាផ្សេងៗទៀត	73
----------------------------	----

ដំណាក់ ៩៖ ការលៃលកសំពាធ	73
------------------------	----

របាយសម្ព័ន្ធនៃលក្ខខណ្ឌគណនា.....	75
--	-----------

របាយសម្ព័ន្ធគ្រឹះ (define.inc)	75
---	-----------

វត្ថុទាក់ទងលក្ខខណ្ឌពេល	76
------------------------	----

វត្ថុទាក់ទងលក្ខខណ្ឌផល	77
-----------------------	----

វត្ថុទាក់ទងសំណាញ់សូរ៉ូប្លាន	79
-----------------------------	----

វត្ថុទាក់ទងការគណនាទំហំប៊ុយឡង់	80
-------------------------------	----

វត្ថុទាក់ទងការប្រែប្រួលផ្ទៃទឹក	82
--------------------------------	----

វត្ថុទាក់ទងការលៃលកសំពាធ	83
-------------------------	----

វត្ថុទាក់ទងបរិមាណរូបផ្សេងៗ	83
----------------------------	----

វត្ថុទាក់ទងការបញ្ចូលទិន្នន័យឋានលេខា	84
-------------------------------------	----

វត្ថុទាក់ទងវាលខ្យល់	84
---------------------	----

វត្ថុទាក់ទងការជញ្ជូនកម្ដៅ	85
---------------------------	----

វត្ថុទាក់ទងម៉ូដែលបញ្ចូលខ្យល់	86
------------------------------	----

វត្ថុទាក់ទងស្ថានីយរណាមួយ	89
--------------------------	----

វត្ថុទាក់ទងបញ្ចូលទិន្នន័យណាមួយ (1D Time-Series Data)	90
--	----

វត្ថុទាក់ទងបញ្ចូលទិន្នន័យណាមួយ (2D Time-Series Data)	93
--	----

វត្ថុទាក់ទងតម្លៃលក្ខខណ្ឌដើម	97
-----------------------------	----

វត្ថុទាក់ទងតម្លៃដែន	98
---------------------	----

ឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យនៃលក្ខខណ្ឌឋានលេខា.....	101
ឯកសារបញ្ជីផ្ទៃមុខកាត់.....	102
ឯកសារផ្ទៃមុខកាត់ទន្លេ.....	105
ឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យខ្យល់.....	110
ខ្យល់ឯកសណ្ឋាន (ទូទាំងប្រព័ន្ធគណនា).....	111
ល្បាយខ្យល់ 2D (មិនឯកសណ្ឋាន).....	112
គ្មានខ្យល់.....	112
ឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យនៃតម្លៃលក្ខខណ្ឌដែន.....	114
ឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យនៃ Gate Conditions.....	116
ឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យនៃតម្លៃលក្ខខណ្ឌដើម.....	118
ឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យនៃកម្ពស់ទឹកដើម.....	118
ឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យនៃបរិមាណរូបដើមក្នុងលំហរ.....	119
ឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យដទៃទៀត.....	121
ឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យតាមស៊េរីពេល 1D.....	121
ឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យតាមស៊េរីពេល 2D.....	122
ឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យឧតុនិយម (សីតុណ្ហភាព កំពង់ទឹក កំពង់ទឹក កំពង់ទឹក កំពង់ទឹក.....	124
ឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យតាមស៊េរីពេល 1D នៃសីតុណ្ហភាពខ្យល់.....	124
ឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យតាមស៊េរីពេល 1D នៃកំពង់ទឹក កំពង់ទឹក.....	124
ឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យតាមស៊េរីពេល 1D នៃសំនើម.....	125
ឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យតាមស៊េរីពេល 1D នៃពពក.....	125

ការរៀបចំរចនាសម្ព័ន្ធដោយការកែតម្រូវកម្មវិធី (កូត)	126
--	-----

តួប្រភពនៃស្កាលែរមួយ	126
---------------------------	-----

លក្ខខណ្ឌដំននៃស្កាលែរណាមួយនៅលើផ្ទៃទឹក និងបាត ទន្លេ	128
--	-----

ឯកសារលទ្ធផល 131

timestep.dat	131
--------------------	-----

Grid_Position.dat	132
-------------------------	-----

Tec_TimeDependentData.plt	133
---------------------------------	-----

Tec_SurfaceData_time_xxx.plt / Tec_SurfaceData_step_xxx.plt	135
---	-----

Tec_VolumeData_time_xxx.plt / Tec_VolumeData_step_xxx.plt	137
---	-----

ការបង្ហាញឯកសារ	139
----------------------	-----

ការប្រតិបត្តិការគណនា..... 140

តម្រូវការបរិស្ថានគណនា	140
-----------------------------	-----

ការតំឡើងតែតិចបំផុត	142
--------------------------	-----

ការចងក្រង (Compiling)	142
-----------------------------	-----

ប្រតិបត្តិការ (Execution)	143
---------------------------------	-----

ការលុបឯកសារបញ្ចេញ	143
-------------------------	-----

ទំនាក់ទំនង.....	144
-----------------	-----

ការប្រើប្រាស់ជាភាសាខ្មែរ	144
--------------------------------	-----

សេចក្តីផ្តើម

សៀវភៅនេះនិយាយអំពីសំណង់ និងការប្រើប្រាស់នៃគំរូដែលសម្រាប់គណនាអាងទឹក និងបឹងរបស់វិទ្យាស្ថានបច្ចេកវិទ្យាតូក្យូដែលហៅកាត់ថា**តៃតិចវ៉ៃ**។ **តៃតិចវ៉ៃ** គឺជាប្រភេទម៉ូដែលដែលមានសំពាធជាអ៊ីដ្រូស្តាទិច (non-hydrostatic-pressure) និងផ្ទៃសេរី (free-surface) ហើយត្រូវបានប្រើសម្រាប់គណនាស្រទាប់សីតុណ្ហភាព, ចរន្តទឹកដែលហូរដោយទំនាញផែនដីនៅក្នុងអាងទឹក និងបឹងដែលមានជាតិប្រៃតិចតួចជាដើម។

តៃតិចវ៉ៃ គឺផ្អែកទៅលើមូលដ្ឋានគ្រឹះ២គឺ វិធីសាស្ត្រ CIP ដែលមានលក្ខណៈសុក្រិតក្នុងការដោះសមីការអាដវិចសិន (Advection equation) និង សំណាញ់ស្ងួរបាន (Soroban meshes)។ សំណាញ់ស្ងួរបានមានលក្ខណៈសុក្រិតក្នុងការញែកផ្ទៃទឹក និងដង់ស៊ីតេនៃសីតុណ្ហភាពតាមជម្រៅទឹកដោយក្រិតចំនួនក្រឡាយដែលបានកំណត់ណាមួយ ឬស្វ័យប្រវត្តិ។ លើសពីនេះ សំណាញ់ស្ងួរបានក៏អាចគណនាផ្ទៃក្រលាមុខកាត់ និងចំនុចណាមួយដែលយើងចង់បាន។

តៃតិចវ៉ៃត្រូវបានបង្កើតឡើងដើម្បីប្រើប្រាស់ជាមួយកុំព្យូទ័រដែលមានចំនួនម៉ាស៊ីនគិតច្រើន (multi-core computer) ឬបណ្តាញកុំព្យូទ័រ (cluster of network-connected computers) ដោយប្រើប្រាស់នូវបណ្តុំទិន្នន័យ MPI (MPI libraries)។

សេចក្តីពណ៌នាលម្អិតបន្ទាប់នេះ គឺការនិយាយអំពីគ្រឿងផ្សំ និងរបៀបប្រើប្រាស់នៃ**តៃតិចវ៉ៃ**។ ចំពោះសេចក្តីពណ៌នាអំពីបទបញ្ញត្តិ អាជ្ញាត្តិ ឬមុខងាររបស់សមីការនីមួយៗ សូមលោកអ្នកអានសៀវភៅណែនាំមួយទៀត (មិនបានបកប្រែគិតត្រឹមខែកុម្ភៈឆ្នាំ២០១៧)។

វិសាលភាពនៃការគណនា

ប្រព័ន្ធគោលតំរុយ

ក្នុងវិសាលភាពនៃការគណនាបស់តែតិចមែ, អ័ក្ស x ត្រូវបានតាងតាមបណ្តោយខ្សែទឹក។ ចំនែកអ័ក្ស y នីមួយៗ គឺកែងទៅនឹងអ័ក្ស x ហើយចំនុចសូន្យ ($y = 0$) គឺជាចំនុចប្រសព្វរវាងអ័ក្សទាំងពីរ។ ដូចដែលបានបង្ហាញក្នុង Fig. 1, អ័ក្ស y នីមួយៗដែលត្រូវគណនាគឺកាត់ហើយកែងនឹងខ្សែទឹកនៅក្នុងលំហពិត។ ដូច្នេះ ទីតាំង y គឺជាចម្ងាយពីខ្សែទឹកនៅក្នុងមុខកាត់នីមួយៗនៃលំហពិត។ ចំពោះទិសដៅឈរ, តំរុយ z ត្រូវបានកំណត់ថាទិសដៅឡើងលើគឺជាទិសដៅវិជ្ជមាន។

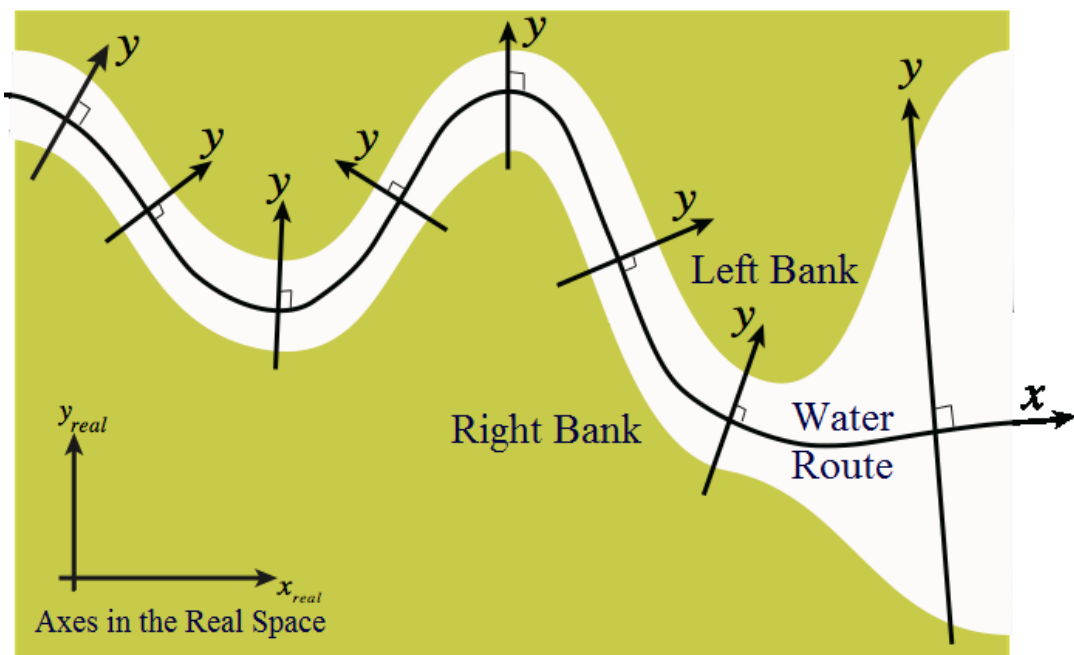


Fig. 1 Axes in the computational space

ដែននៃការគណនា

ដែននៃការគណនាត្រូវបានកំណត់ដូចទៅនឹងដែននៃទិន្នន័យឋានលេខានៅពេលដែលការគណនាត្រូវបានចាប់ផ្តើម។ ដូចដែលបានបង្ហាញក្នុង Fig. 2, ដែនកំណត់របស់ x អវិជ្ជមាន និង x វិជ្ជមាននៅក្នុងដែននៃការគណនាត្រូវបានកំណត់ដោយ អប្បបរមា $x_{\min}$ និងអតិបរមា $x_{\max}$ ។ ចំណែកដែនកំណត់របស់ទិសដៅ y ស្ថិតនៅច្រាំងសងខាងនៃចំណុចនីមួយៗរបស់ខ្សែទឹក។ ដូច្នេះ ទីតាំង និងដែនកំណត់នីមួយៗរបស់ y គឺជាអនុគមន៍នៃទីតាំង x ដែលរត់តាមបណ្តោយនៃខ្សែទឹក ហើយដែនកំណត់របស់ y អវិជ្ជមាន និង y វិជ្ជមាននៅក្នុងដែននៃការគណនាត្រូវបានកំណត់ដោយ អប្បបរមា $y_{\min}$ និង អតិបរមា $y_{\max}$ ។

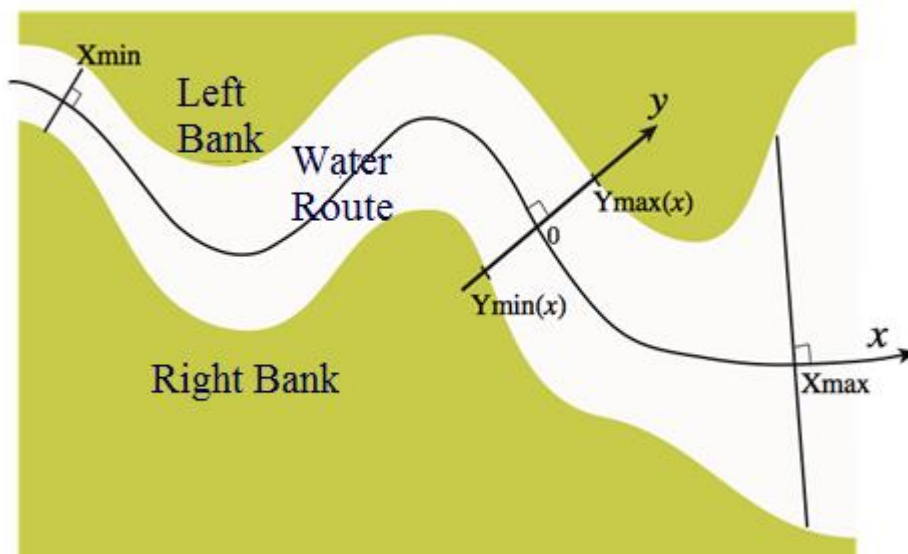


Fig. 2 Coordinates in the computational space

ការពន្លាឋានលេខ

ការគណនារបស់**តែតិចវ៉ែម** គឺប្រព្រឹត្តិទៅក្នុងប្រព័ន្ធតំរុយដែលមានអ័ក្ស x (ទិសដៅតាមបណ្តោយខ្សែទឹក) និង អ័ក្ស y (ទិសដៅកែងនឹងខ្សែទឹក) ដូចដែលបានបង្ហាញក្នុង Fig. 1។ អ័ក្សទាំង២នេះ គឺកែងគ្នាទៅវិញទៅមក មានន័យថា**តែតិចវ៉ែម** សន្មតថា ខ្សែទឹករត់ត្រង់ជាបន្ទាត់មួយដូចដែលបានគូសបង្ហាញក្នុង Fig. 3។ ចំនែកឯខ្សែកោងក្នុងភាពពិតនៃខ្សែទឹកត្រូវបានគិតបញ្ចូលជាកំលាំងចាកផ្ចិតនៅក្នុងសមីការចលនាលំហូរទឹក (អានសេចក្តីលម្អិតអំពីការសន្មតនេះចាប់ពីទំព័រទី ២០)។

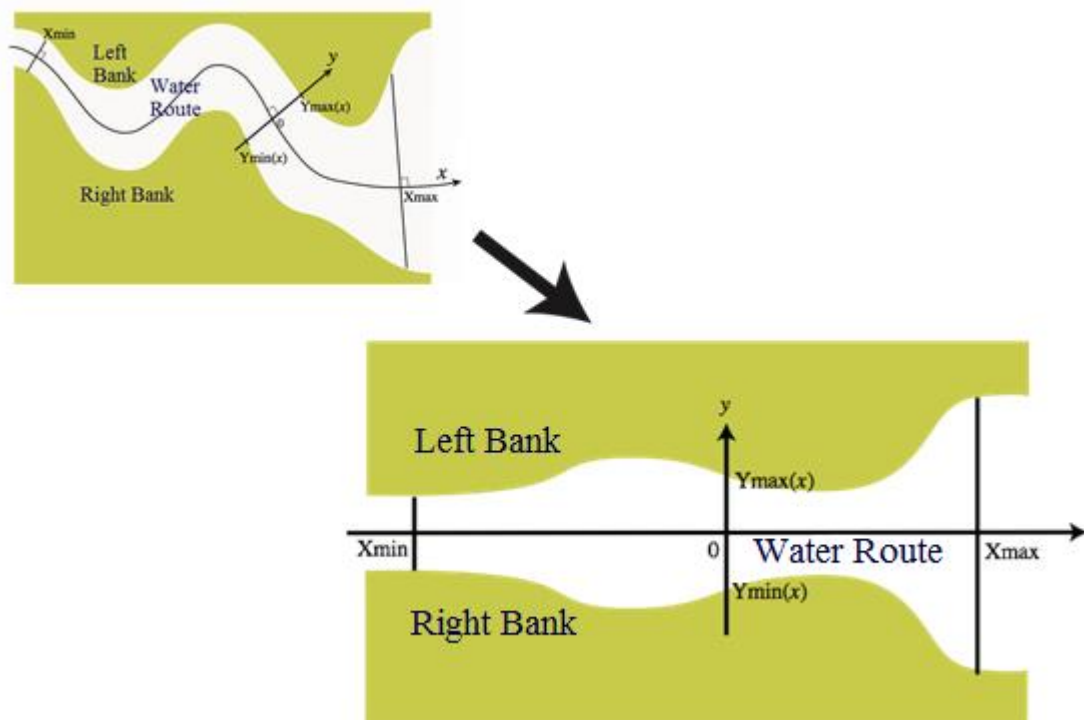


Fig. 3 Assumption on the topography

សំណាញ់ស្វ័យបាន

វិសាលភាពនៃការគណនារបស់តែតិចវ៉ែម គឺប្រព្រឹត្តិទៅក្នុងប្លង់រាបដែលមានអ័ក្ស (x, y) និងលំហរដែលមានអ័ក្ស z ។ តែតិចវ៉ែមអង្កន់ (discretize) វិសាលភាពនៃការគណនាតាមលក្ខណៈរបស់សំណាញ់ស្វ័យបាន។ រូបភាព Fig. 4 (a) ~ (d) បង្ហាញពីគំនិតនៃការអង្កន់នេះតាមលក្ខណៈសំណាញ់ស្វ័យបាន។ ក្នុងលំហរ x - y - z , សំណាញ់ស្វ័យបាន គឺជាបណ្តុំនៃប្លង់សំណាញ់ (mesh planes) មួយចំនួន, អ័ក្សនៃសំណាញ់ (mesh axes) មួយចំនួនដែលស្ថិតក្នុងប្លង់នៃសំណាញ់នីមួយៗ និងចំនុចនៃសំណាញ់ (mesh points) ក្នុងអ័ក្សនៃសំណាញ់នីមួយៗ។

ដំបូងឡើយ ប្លង់នៃសំណាញ់ត្រូវបានតំរៀបចំឲ្យកែងទៅនឹងខ្សែទឹក (ឧ. អ័ក្ស x) ដូចបានបង្ហាញក្នុង Fig. 4 (a)។ ការកំណត់រចនាសម្ព័ន្ធនៃប្លង់ទាំងនោះ គឺអាស្រ័យនឹងទិន្នន័យឋានលេខា (អានអំពីសេចក្តីលម្អិតនេះចាប់ពីទំព័រទី១០១) នៃសំណាញ់នីមួយៗជាថ្នាក់ គឺស្ថិតក្នុងដែននៃការគណនា ប៉ុន្តែមិនត្រូវស្ថិតនៅត្រង់ដែនកំណត់របស់អ័ក្ស x ដូចជា $x_{\min}$ ឬ $x_{\max}$ ។ ការរៀបចំរចនាសម្ព័ន្ធបែបនេះ កំណត់ឲ្យមុខកាត់នីមួយៗដែលកែងទៅនឹងខ្សែទឹកដូចក្នុងលំហរពិត ដូចដែលបានបង្ហាញក្នុង Fig. 4 (b)។

រាល់ចំនុចនៅក្នុងប្លង់នៃសំណាញ់នីមួយៗសុទ្ធតែមានទីតាំងតំរុយ x ដែលតាងដោយ x_i , ពីព្រោះប្លង់នៃសំណាញ់នីមួយៗគឺកែងនឹងអ័ក្ស x ហើយស្របនឹងអ័ក្ស y ។ សៀវភៅណែនាំនេះប្រើប្រាស់សន្ទស្សន៍ (index) នៃប្លង់នៃសំណាញ់ដោយសរសេរក្រោមបន្ទាត់ថា “ i ” បើមិនអញ្ចឹងទេវាមានសេចក្តីបញ្ជាក់អំពីសន្ទស្សន៍នេះ។

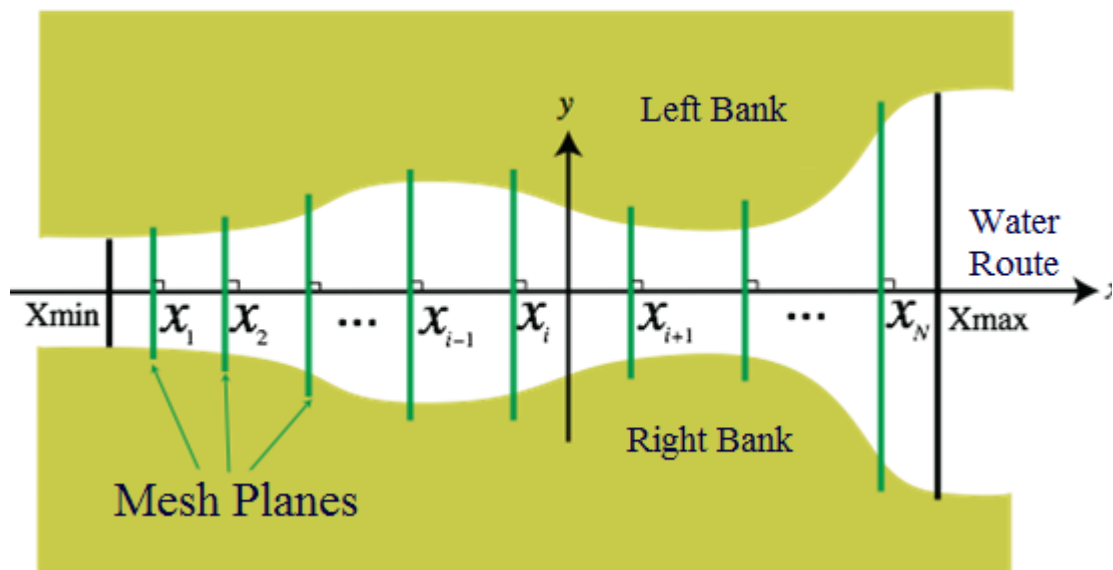


Fig. 4 (a) Mesh planes in the computational space

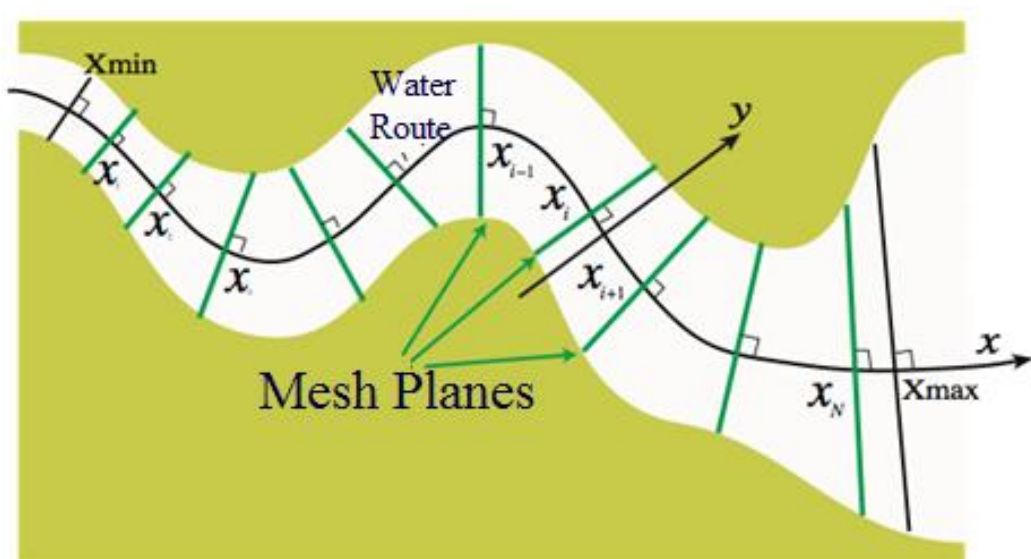


Fig. 4 (b) Mesh planes in the real space

បន្ទាប់មកទៀត អ័ក្សជាច្រើនត្រូវបានតំរៀបនៅក្នុងប្លង់នៃសំណាញ់។ អ័ក្សទាំងនោះត្រូវបានតំរៀបស្របនឹងទិសដៅនៃអ័ក្សឈរ (អ័ក្ស z) ក្នុងប្លង់នៃសំណាញ់នីមួយៗដូចក្នុងរូប Fig. 4 (c) ។ ទីតាំងកូអរដោនេ y នៃអ័ក្សទាំងអស់ត្រូវបានផ្តល់ឲ្យតាមរយៈទិន្នន័យឋានលេខា។ ក្នុងប្លង់នៃសំណាញ់នីមួយៗ ទីតាំង និងគម្លាតរវាងអ័ក្សទាំងអស់ត្រូវបានកំណត់ដោយចំនួនមួយដែលចង់បាន ប៉ុន្តែទីតាំងមិនត្រូវស្ថិតនៅលើច្រាំងនៃទន្លេឬខ្សែទឹក ឧទាហរណ៍ $Y_{\min}(x)$ ឬ $Y_{\max}(x)$ ។

សៀវភៅណែនាំនេះប្រើប្រាស់សន្ទស្សន៍ (index) នៃប្លង់នៃសំណាញ់ដោយសរសេរក្រោមបន្ទាត់ថា “j” បើមិនអញ្ចឹងទេវាមានសេចក្តីបញ្ជាក់អំពីសន្ទស្សន៍នេះ។ ដូច្នេះ ទីតាំងកូអរដោនេ y នៃអ័ក្សទី “j” ក្នុងប្លង់នៃសំណាញ់ទី “i” ត្រូវបានសរសេរកាត់ថា y_{ij} ហើយទីតាំងកូអរដោនេប្លង់ដេកនៃអ័ក្សនេះត្រូវបានសរសេរកាត់ថា (x_i, y_{ij}) ។ ចំនួនអញ្ញាត ២ (ឧ. កម្ពស់ផ្ទៃទឹក និងបាតទន្លេ) ត្រូវបានកំណត់ក្នុងកន្សោមនីមួយៗនៃ (x_i, y_{ij}) ។

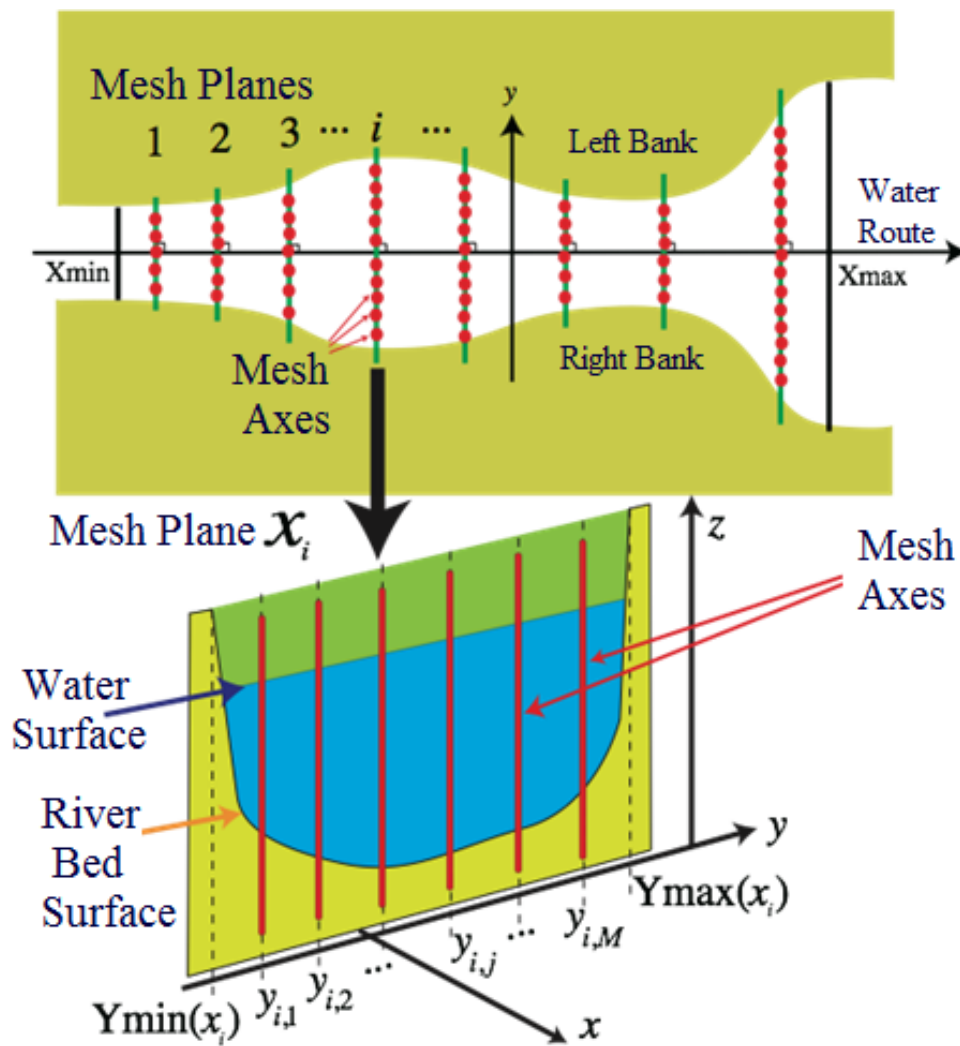


Fig. 4 (c) Mesh axes in the computational space

ជាចុងបញ្ចប់ ចំនុចជាច្រើនត្រូវបានតំរៀបនៅលើអ័ក្សនីមួយៗដូចក្នុងរូប

Fig. 4 (d), ដើម្បីគណនាអញ្ញាតទី៣ (ឧ. ល្បឿនទឹក សីតុណ្ហភាពទឹក និងភាពប្រៃ) ។ ចំនួនចំនុចត្រូវបានផ្តល់ឲ្យតាមរយៈទិន្នន័យឋានលេខា។ ក្នុងអ័ក្សនីមួយៗ ទីតាំងនៃចំនុចទាំងអស់ត្រូវបានកំណត់នៅក្នុងរាល់ជំហានគណនា។

ទោះជាយ៉ាងនេះក្តី ចំនុចនៃសំណាញ់ត្រូវតែស្ថិតនៅត្រង់ផ្ទៃទឹកជាចំនុចថេរមួយ និងចំនុចថេរមួយទៀតត្រូវស្ថិតនៅត្រង់បាតទន្លេ ឬខ្សែទឹកដើម្បីឲ្យមានលក្ខខណ្ឌស៊ីនេទិច និងមេកានិច។ ក្រៅពីនេះ ចំនុច២ផ្សេងទៀតដែលត្រូវបានកំណត់ឲ្យស្ថិតនៅពីលើផ្ទៃទឹក និងនៅពីក្រោមបាតទន្លេ ឬខ្សែទឹករៀងគ្នាដើម្បីទុកគណនាល្បឿននៃទីតាំងទាំងនោះ។ ការគណនាល្បឿននៃទីតាំងទាំងនោះ គឺផ្អែកលើលក្ខខណ្ឌដែនកំណត់ខាងក្នុង(inner boundary conditions) ហើយវិធីសាស្ត្រនេះក៏ត្រូវបានប្រើប្រាស់ក្នុងតំបន់ទឹកដោយសន្មតថាតំបន់ ឬផ្ទៃទាំងអស់នោះមិនអាចបបង្ហាប់បាន។

សៀវភៅណែនាំនេះប្រើប្រាស់សន្ទស្សន៍ (index) នៃចំនុចនៃសំណាញ់ដោយសរសេរក្រោមបន្ទាត់ថា “ k ” បើមិនអញ្ចឹងទេវាមានសេចក្តីបញ្ជាក់អំពីសន្ទស្សន៍នេះ។ ដូច្នេះ ទីតាំងកូអរដោនេ z នៃចំនុចទី “ k ” លើអ័ក្សទី “ j ” នៃប្លង់សំណាញ់ទី “ i ” (y_{ij}) ត្រូវបានសរសេរកាត់ថា y_{ij} ហើយទីតាំងកូអរដោនេប្លង់ដេកនៃអ័ក្សនេះត្រូវបានសរសេរកាត់ថា z_{ijk} ហើយទីតាំងក្នុងលំហនៃចំនុចនេះត្រូវបានកំណត់ដោយ(x_i, y_{ij}, z_{ijk})។

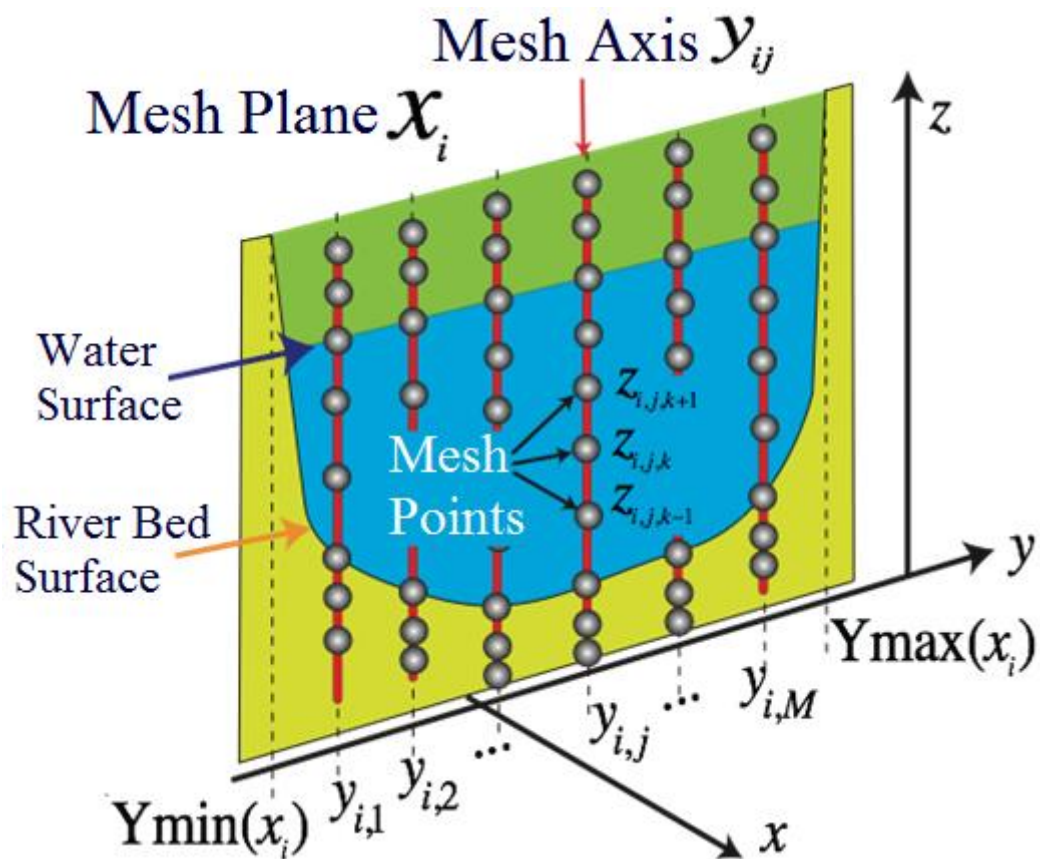


Fig. 4 (d) Mesh points in the computational space

ការគណនាប៉ារ៉ាឡែល ឬតំណាលគ្នា

ការគណនាប៉ារ៉ាឡែលឬតំណាលគ្នាអាចធ្វើទៅបានក្នុងតែតិចវ៉ៃដោយប្រើប្រាស់នូវបណ្តុំទិន្នន័យ Message Passing Interface (MPI libraries)។ ជំពូកនេះនឹងពន្យល់អំពីលក្ខណៈនៃការគណនាប៉ារ៉ាឡែល ឬតំណាលគ្នានៅក្នុងតែតិចវ៉ៃដែលផ្អែកទៅលើការបំបែកផ្នែកនៃប្រព័ន្ធគណនា។

ការបំបែកផ្នែកនៃប្រព័ន្ធគណនា

គោលបំណងនៃការគណនាប៉ារ៉ាឡែល ឬតំណាលគ្នា គឺដើម្បីពន្លឿនការគណនាដោយបែងចែកការងារគណនាទៅឲ្យម៉ាស៊ីនគិត (កុំព្យូទ័រ) មួយចំនួន។ វិធីសាស្ត្របំបែកផ្នែកនៃប្រព័ន្ធគណនានេះបែងចែកការងារគណនាអាស្រ័យនឹងវិសាលភាពនៃការគណនា។

រូបភាព Fig. 5 បង្ហាញអំពីទូទៅភាពនៃការបំបែកផ្នែកនៃប្រព័ន្ធគណនា។ ជាបឋម ធាតុមួយចំនួនដូចជាទីតាំងប្លង់ អ័ក្ស និងចំនុចនៃសំណាញ់នីមួយៗត្រូវបានចម្លង និងផ្ទុកក្នុងទិន្នន័យឋានលេខា។ បន្ទាប់មក ប្រព័ន្ធគណនាទាំងមូលត្រូវបានបែងចែកជាអនុប្រព័ន្ធជាច្រើន (sub-domains) តាមទីតាំងកូអរដោនេ x នៃប្លង់សំណាញ់។ ចំនួននៃអនុប្រព័ន្ធត្រូវបានកំណត់ដោយ `-np` នៅពេលដែលយើងចាប់ផ្តើមការគណនាដោយ `mpirun` command។ វិសាលភាពនៃអនុប្រព័ន្ធត្រូវបានលៃតម្រូវដើម្បីឲ្យអនុប្រព័ន្ធនីមួយៗមានចំនួនចំនុចនៃសំណាញ់ស្មើគ្នា។ អនុប្រព័ន្ធនីមួយៗត្រូវបានប្រគល់ឲ្យម៉ាស៊ីនគិត (CPUs) (លម្អិតលើនេះបន្តិច អនុប្រព័ន្ធត្រូវបានបញ្ជូនទៅគណនាក្នុងម៉ាស៊ីនគិត CPUs ហើយការគណនាត្រូវបានឈ្មោះថា “rank”)។ MPI តាងអនុប្រព័ន្ធនីមួយៗ (processes, ranks) ដោយចំនួនគត់ខុសៗគ្នា (ឧ.

myid = 0, 1, 2...) ដើម្បីកំណត់សម្គាល់ថាការគណនារបស់ CPU មួយប្រព្រឹត្តិទៅក្នុង អនុប្រព័ន្ធមួយណា។ អនុប្រព័ន្ធដែលមានលេខសម្គាល់ myid = 0 ស្ថិតនៅខាងដើម ខ្សែទឹក គឺ x_{min} បន្ទាប់មកទៀតអនុប្រព័ន្ធដែលមានលេខសម្គាល់ myid = 1, myid = 2, ..., ត្រូវបានតំរៀបតាមលេខរៀនតាមទិសដៅអ័ក្ស x (ខ្សែទឹក)។

ជាបន្ទាប់បន្សំ អនុប្រព័ន្ធត្រូវតែមានយ៉ាងតិច ៣ ប្លង់សំណាញ់ពីព្រោះក្បួន ដោះស្រាយ (algorithm) របស់តែតិចវ៉ែម។ ដូច្នេះប្រសិនបើអនុប្រព័ន្ធជាច្រើនដែល មានប្លង់សំណាញ់តិចជាង៣ នោះដំណើរការគណនាមិនអាចកើតឡើងឡើយ។

អនុប្រព័ន្ធមួយចាំបាច់ត្រូវមានចំនួន ឬតម្លៃនៅត្រង់រាល់ចំណុចនៃប្លង់ដែល មាននៅក្នុងអនុប្រព័ន្ធបន្ទាប់ដើម្បីគណនា។ បន្ទាប់មក មុខងាររបស់ MPI គឺបញ្ជូន តម្លៃត្រង់ដែនកំណត់ទៅអនុប្រព័ន្ធបន្ទាប់ទៀតនៅពេលមានការចាំបាច់ (ប្រតិបត្តិ ការនេះប្រព្រឹត្តិទៅដោយប្រើប្រាស់មុខងារ update_boundary_value...)។

សន្ទស្សន៍នៃប្លង់សំណាញ់ត្រូវបានតាងចាប់ពី x_{min} តាមលេខរៀងៗ។ អនុ ប្រព័ន្ធនីមួយៗស្តុកតម្លៃដែលមានក្នុងប្លង់សំណាញ់នៅសន្ទស្សន៍ដើម និងចុងក្នុង ឯកសារទិន្នន័យ plane_start និង plane_end ។ តាមរបៀបដូចគ្នានេះ ប្លង់សំណាញ់ នីមួយៗស្តុកតម្លៃដែលមានក្នុងអ័ក្សសំណាញ់នៅសន្ទស្សន៍ដើមនិងចុងក្នុងឯកសារ ទិន្នន័យ line_start[i] និង line_end[i] និងចុងក្រោយ អ័ក្សសំណាញ់នីមួយៗស្តុកតម្លៃ ដែលមានក្នុងចំណុចនៃសំណាញ់នៅសន្ទស្សន៍ដើម និងចុងក្នុងឯកសារទិន្នន័យ point_start[i][j] និង point_end[i][j] ។

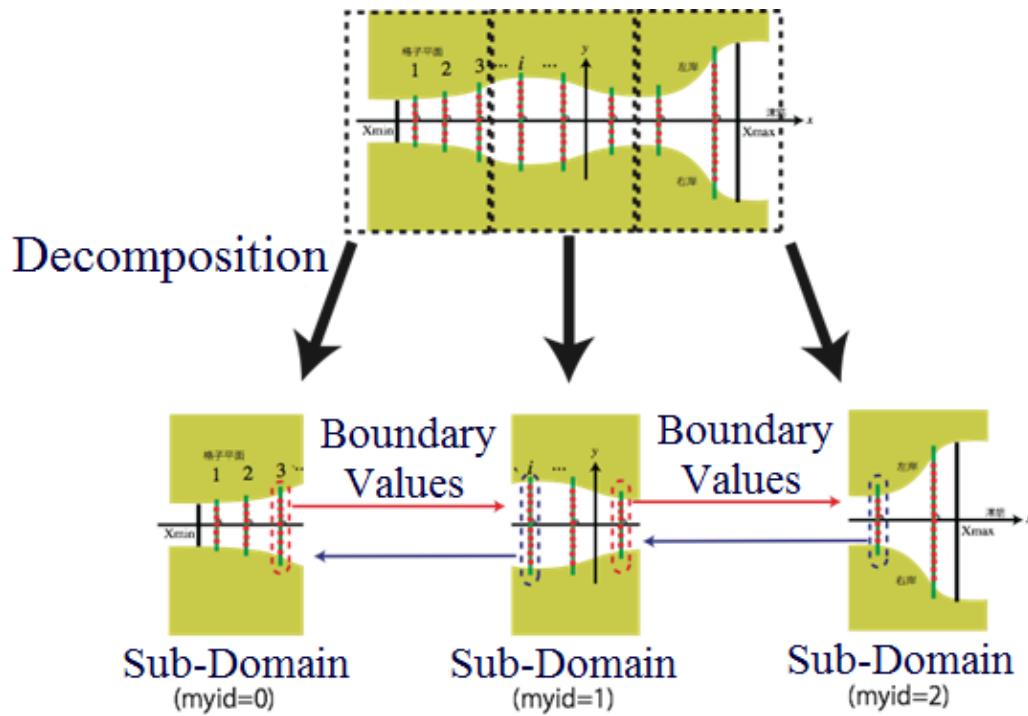


Fig. 5 Parallel computations with decomposition of computational domain (the case of 3 sub-domains)

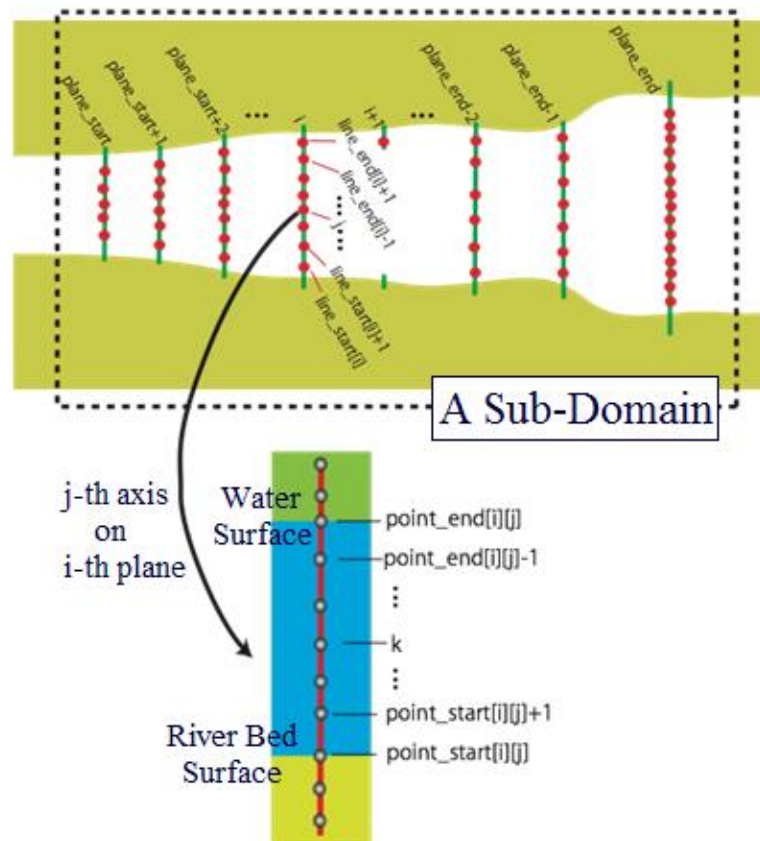


Fig. 6 First and last index in each sub-domain

សមីការគ្រឹះ

ជំពូកនេះនឹងពន្យល់អំពីសមីការគ្រឹះក្នុងតែតិចវ៉ែម។

ម៉ូដែលទែរម៉ូឌីណាមិក 3D $k-\epsilon$

តែតិចវ៉ែមគណនាប៉ារ៉ាម៉ែត្រមួយចំនួននៅក្នុងលំហរបស់សំណាញ់ស្បូវបាន ជាមួយនឹងម៉ូដែលទែរម៉ូឌីណាមិក $k-\epsilon$ ក្នុងលំហ។ ប៉ារ៉ាម៉ែត្រទាំងនោះរួមមាន ល្បឿន លំហូរទឹក ($u(t, x, y, z)$, $v(t, x, y, z)$, និង $w(t, x, y, z)$ ដែលជាល្បឿនតាមទិសដៅ x , y , និង z រៀងគ្នា), សីតុណ្ហភាពទឹក $T(t, x, y, z)$, ភាពប្រៃ $s(t, x, y, z)$, ថាមពលទែរម៉ូឌីណាមិក $k(t, x, y, z)$, អត្រាពលដាលនៃទែរម៉ូឌីណាមិក (turbulent dispersion rate) $\epsilon(t, x, y, z)$, និងចំនួនស្កាលែរណាមួយ $\phi_{sp}(t, x, y, z)$ ។ សមីការគ្រឹះនៃប៉ារ៉ាម៉ែត្រ គឺដោះស្រាយដូចខាងក្រោម៖

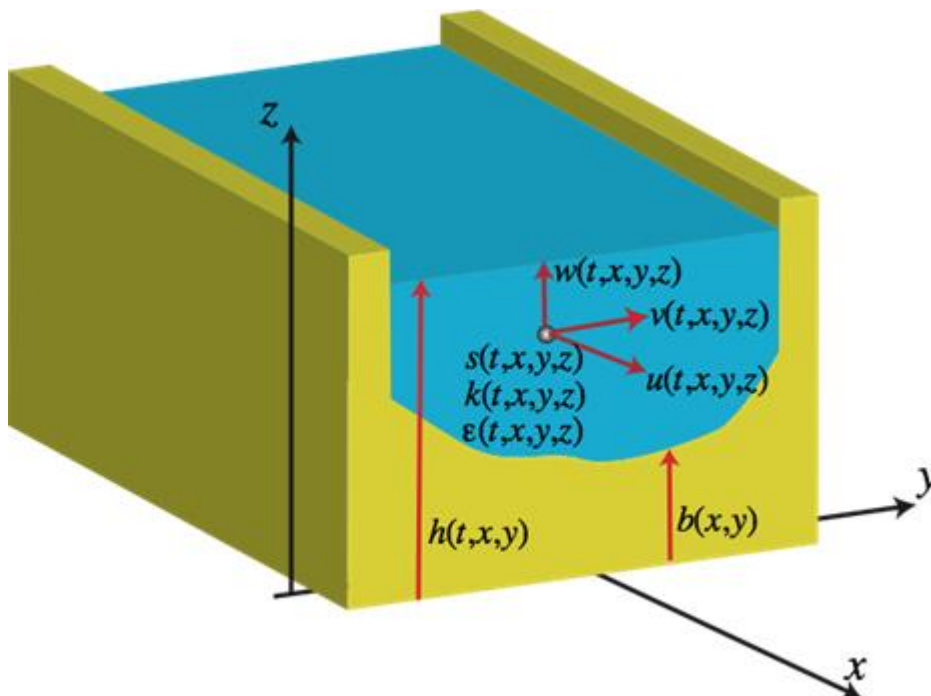


Fig. 7 Variables to compute

សមីការចលនា

ល្បឿនលំហូរនៃទឹកត្រូវបានគណនាតាមរយៈដូចខាងក្រោម៖

$$\frac{Du}{Dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} - \frac{2}{3} \frac{\partial k}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\nu_{\text{lic_M}} \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\nu_{\text{lic_M}} \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu_{\text{eff}} \frac{\partial u}{\partial z} \right) + \frac{uv}{R} + f_{\text{co}} v + \frac{\tau_x}{\rho} \quad (1.1)$$

$$\frac{Dv}{Dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} - \frac{2}{3} \frac{\partial k}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\nu_{\text{lic_M}} \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\nu_{\text{lic_M}} \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu_{\text{eff}} \frac{\partial v}{\partial z} \right) + \frac{u^2}{R} + f_{\text{co}} u + \frac{\tau_y}{\rho} \quad (1.2)$$

$$\frac{Dw}{Dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - \frac{2}{3} \frac{\partial k}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\nu_{\text{lic_M}} \frac{\partial w}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\nu_{\text{lic_M}} \frac{\partial w}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu_{\text{eff}} \frac{\partial w}{\partial z} \right) + \frac{\tau_z}{\rho} - g \quad (1.3)$$

$$\frac{D}{Dt} = \frac{\partial}{\partial t} + u \frac{\partial}{\partial x} + v \frac{\partial}{\partial y} + w \frac{\partial}{\partial z}$$

សមីការ (1.1) ~ (1.16) ត្រូវបានគណនាក្នុងលំហូរ (x, y, z) ដែលមានដូចជាទិសដៅតាមខ្សែទឹក x , ទិសដៅកាត់ទទឹង y , និងទិសដៅបញ្ឈរ z ។ សមីការ (1.1) និង (1.2) មានផលនៃកំលាំងចាកផ្ចិតក្នុងលំហូរពិតដែលក្នុងនោះ $1/R$ គឺជាកំណោងនៃខ្សែទឹក។ អត្ថន័យនៃប៉ារ៉ាម៉ែត្រនីមួយៗមានដូចខាងក្រោម៖

t : រយៈពេលគណនា [sec]

x : កូអរដោនេក្នុងលំហូរតាមទិសដៅខ្សែទឹក [m]

y : កូអរដោនេក្នុងលំហូរតាមទិសដៅកាត់ទទឹង [m]

z : កូអរដោនេក្នុងលំហូរតាមទិសដៅបញ្ឈរ [m]

$u(t, x, y, z)$: ល្បឿនតាមទិសដៅខ្សែទឹក x [m/sec]

$v(t, x, y, z)$: ល្បឿនតាមទិសដៅកាត់ទទឹង y [m/sec]

$w(t, x, y, z)$: ល្បឿនតាមទិសដៅបញ្ឈរ z [m/sec]

$p(t, x, y, z)$: សំពាធទ [Pa]

$\rho(t, x, y, z)$: ដង់ស៊ីតេ [kg/m³]

$k(t, x, y, z)$: ថាមពលទែរម៉ូឌីណាមិកនៃទឹក [J]

$v_{\text{lic}_M}(x, y)$: ភាពខុសនៃទែរម៉ូឌីណាមិកនៃទឹកក្នុងទិសដៅដេក [m²/sec]

$v_{\text{eff}}(t, x, y, z)$: មេគុណសំណាយភាយក្នុងទិសដៅឈរ [m²/sec]

$R(x)$: កាំកំណោង [m]

f_{co} : ប៉ារ៉ាម៉ែត្រ Coriolis ($f = 2 \times 7.27 \times 10^{-5} \times \sin(\text{latitude})$)

g : មេគុណទំនាញផែនដី [m/sec²]

$\tau_x(t, x, y, z), \tau_y(t, x, y, z), \tau_z(t, x, y, z)$: ស្រ្តេស (Stress) តាមទិសដៅទាំង៣ (លើផ្ទៃទឹក, ផ្ទៃបាតទន្លេ, និងច្រាំងទន្លេ)

ភាពដែលមិនអាចបង្កាប់បាន (Incompressibility)

ដំណើរការតាមពេលនៃល្បឿនត្រូវបានគណនាដែលស្របតាមលក្ខខណ្ឌខាងក្រោម។ ការគណនានេះប្រព្រឹត្តទៅដោយសន្មតថាជាវត្ថុរាវ(សន្មតនីយវត្ថុ) គឺមិនអាចបង្កាប់បាន។

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (1.4)$$

សមីការដឹកជញ្ជូនសីតុណ្ហភាពទឹក ភាពប្រែ និងចំនួនស្តារ៉ាលែរ ផ្សេងទៀត

សីតុណ្ហភាពទឹក, ភាពប្រែ, និងចំនួនស្តារ៉ាលែរផ្សេងទៀត(មានដូចជា៖ អុកស៊ីសែនក្នុងទឹក, វត្ថុរឹងអណ្តូត,...) ត្រូវបានគណនាតាមសមីការដឹកជញ្ជូនដូចខាងក្រោម៖

$$\frac{DT}{Dt} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\nu_{lic}}{\sigma_t} \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\nu_{lic}}{\sigma_t} \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\nu_{eff}}{\sigma_t} \frac{\partial T}{\partial z} \right) + S_T \quad (1.5)$$

$$\frac{Ds}{Dt} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\nu_{lic}}{\sigma_t} \frac{\partial s}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\nu_{lic}}{\sigma_t} \frac{\partial s}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\nu_{eff}}{\sigma_t} \frac{\partial s}{\partial z} \right) \quad (1.6)$$

$$\begin{aligned} \frac{D\phi_{sp}}{Dt} = w_{settlement} \frac{\partial \phi_{sp}}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\nu_{lic}}{\sigma_{\phi sp}} \frac{\partial \phi_{sp}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\nu_{lic}}{\sigma_{\phi sp}} \frac{\partial \phi_{sp}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\nu_{lic}}{\sigma_{\phi sp}} \frac{\partial \phi_{sp}}{\partial z} \right) \\ + S_{\phi sp} \end{aligned} \quad (1.7)$$

អត្ថន័យនៃប៉ារ៉ាម៉ែត្រនីមួយៗមានដូចខាងក្រោម៖

$T(t, x, y, z)$: សីតុណ្ហភាពទឹក [°C]

$s(t, x, y, z)$: សីតុណ្ហភាពទឹក [psu]

$\phi_{sp}(t, x, y, z)$: កំហាប់នៃស្តារ៉ាលែរ “sp”

$\nu_{lic}(x, y)$: មេគុណសំណាយភាយក្នុងទិសដៅដេក [m²/sec]

σ_t : ចំនួនថេរនៃម៉ូដែលទែរហ្វីយឡង់ $k-\epsilon$ (សម្រាប់សីតុណ្ហភាពទឹក និងភាពប្រែ)

$\sigma_{\phi sp}$: ចំនួនថេរ (សម្រាប់ស្តារ៉ាលែរណាមួយ)

$S_T(t, x, y, z)$: ប្រភព (Source) នៃសីតុណ្ហភាពទឹក (កម្ដៅ) ពីពន្លឺថ្ងៃជាដើម

$S_{\phi sp}(t, x, y, z)$: ប្រភព (Source) នៃចំនួនស្តារ៉ាលែរណាមួយ

$w_{settlement}$: ល្បឿនពង្រង (ទិសដៅឈរ) នៃចំនួនស្តារ៉ាលែរណាមួយ [m/sec]

សមីការនៃទែរម៉ូឌីណាមិក

សមីការគ្រឹះខាងក្រោមនេះ គឺផ្អែកទៅលើម៉ូដែលទែរម៉ូឌីណាមិក $k-\varepsilon$ ។

$$\frac{Dk}{Dt} = P_k - \varepsilon + G_k + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\nu_{\text{lic}}}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\nu_{\text{lic}}}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\nu_{\text{eff}}}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial z} \right) \quad (1.8)$$

$$\frac{D\varepsilon}{Dt} = (C_1 P_k - C_2 \varepsilon) \frac{\varepsilon}{k} + C_1 (1 - C_3) \frac{\varepsilon}{k} G_k + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\nu_{\text{lic}}}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\nu_{\text{lic}}}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\nu_{\text{eff}}}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} \right) \quad (1.9)$$

អត្ថន័យនៃប៉ារ៉ាម៉ែត្រនីមួយៗមានដូចខាងក្រោម៖

$k(t, x, y, z)$: ថាមពលទែរម៉ូឌីណាមិកស៊ីនេទិច [J/kg]

$\varepsilon(t, x, y, z)$: អត្រាពលដាលនៃទែរម៉ូឌីណាមិក [J/kg sec]

σ_k : ចំនួនថេរនៃម៉ូដែលទែរម៉ូឌីណាមិក $k-\varepsilon$ (សម្រាប់ថាមពលស៊ីនេទិច)

σ_ε : ចំនួនថេរនៃម៉ូដែលទែរម៉ូឌីណាមិក $k-\varepsilon$ (សម្រាប់អត្រាពលដាល)

P_k : ផលិតផលនៃថាមពលទែរម៉ូឌីណាមិកស៊ីនេទិច [J/kg sec]

G_k : កំលាំងកកិតនៃថាមពលទែរម៉ូឌីណាមិកស៊ីនេទិចដោយដង់ស៊ីតេ [J/kg sec]

C_1, C_2, C_3 : ចំនួនថេរនៃម៉ូដែលទែរម៉ូឌីណាមិក $k-\varepsilon$

ផលិតផលនៃថាមពលទែរម៉ូឌីណាមិកស៊ីនេទិច គឺផ្អែកលើស្តង់ដារម៉ូដែលទែរម៉ូឌីណាមិក $k-\varepsilon$ និងការសន្មតថា vertical shears នៃល្បឿនតាមទិសដេកមានភាពលើសលុប។

$$P_k = \nu_{\text{turb}} \left\{ \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial z} \right)^2 \right\} \quad (1.10)$$

កំលាំងកកិតនៃថាមពលទែរម៉ូឌីណាមិកស៊ីនេទិចដោយដង់ស៊ីតេត្រូវបានគណនាដោយ៖

$$G_k = \frac{g}{\rho} \frac{\nu_{\text{eff}}}{\sigma_t} \min\left(\frac{\partial \rho}{\partial z}, 0\right) \quad (1.11)$$

មុខងារ $\min(a, b)$ គឺជ្រើសរើសយកចំនួនដែលតូចជាងគេរវាងប៉ារ៉ាម៉ែត្រ a និង b ។

ដូច្នេះ សមីការ (1.11) មានប្រសិទ្ធភាពតែការថមថយនៃថាមពលទែរម៉ូឌីណាមិក (កកិតនៃទែរម៉ូឌីណាមិក) នៅក្នុងស្រទាប់ដង់ស៊ីតេ (density stratifications) ។

ភាពរាលដាល (Diffusivities) មានលក្ខណៈដាច់ដោយឡែករវាងទិសដៅដេក និងឈរក្នុងខ្នាតក្រលាផ្ទៃ (spatial scale) ។ ដូច្នេះ ភាពរាលដាលដោយទែរម៉ូឌីណាមិកត្រូវបានកំណត់ដោយម៉ូដែលទែរម៉ូឌីណាមិក $k-\epsilon$ ក្នុងទិសដៅឈរតែមួយគត់។ ចំណែកភាពរាលដាលដោយទែរម៉ូឌីណាមិកតាមទិសដៅដេកត្រូវបានកំណត់តាមទ្រឹស្តីបទ Richardson's 4/3 ៖

$$\nu_{\text{lic}} = \nu_0 D^{\frac{4}{3}} \quad (1.12)$$

D គឺជាប្រវែងតាមទិសដៅដេក ដែលត្រូវបានសន្មតថាជាប្រវែងអតិបរមាក្នុងសំណាញ់គណនា។

$$D = \max(\Delta x_i, \Delta y_{ij}) \quad (1.13)$$

តាមរយៈការវាស់ក្នុងសមុទ្រ តម្លៃស្តង់ដារនៃ ν_0 គឺ 0.01 ។

ភាពខននៃទែរម៉ូឌីណាមិកក្នុងទិសដៅដេក (horizontal turbulent viscosity) ត្រូវបានគណនាតាម៖

$$\nu_{\text{lic}_M} = S_c \times \nu_{\text{lic}} \quad (1.14)$$

ដែល ν_{lic} ត្រូវបានគណនាក្នុងសមីការទី 1.12 និង S_c ជាចំនួន Schmidt number ហើយជាចំនួនមួយដែលអាចកំណត់បានក្នុងលក្ខខណ្ឌគណនា ប៉ុន្តែចំនួននេះជាទូទៅគឺធំជាង 1 ។

ភាពរលាស់ដោយទែរម៉ូឡីតេតាមទិសដៅឈរ(ភាពខន)ត្រូវបានគណនាដូចខាងក្រោមនេះ៖

$$v_{\text{eff}} = v_{\text{mol}} \times v_{\text{turb}} \quad (1.15)$$

v_{mol} គឺជាភាពខន(ខាប់)នៃម៉ូលេគុលទឹក(diffusivity)ក្នុងលំនឹងមួយចំនួន, ភាពប្រែ, និងសីតុណ្ហភាពទឹក។ ភាពខនទែរម៉ូឡីតេតាមទិសដៅ v_{turb} ត្រូវបានគណនាដូចខាងក្រោម៖

$$v_{\text{turb}} = C_{\mu} \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (1.16)$$

ក៏ប៉ុន្តែវាអាស្រ័យនិងចំនួនពិតនៃភាពខនទែរម៉ូឡីតេតាមទិសដៅឬភាពរលាស់។

សមីការផ្ទៃទឹក

ទីតាំង ឬជម្រៅនៃផ្ទៃទឹក $h(t, x, y)$ ត្រូវបានសន្មតថា គឺមានតម្លៃតែមួយគត់ដែលជាអនុគមន៍នៃកូអរដោនេក្នុងប្លង់ (x, y) ។ នេះមានន័យថាបម្រែបម្រួលកម្ពស់ទឹកដោយឥទ្ធិពលនៃរលកមិនត្រូវបានគិតគូរឡើយ។ បម្រែបម្រួលតាមពេលនៃ $h(t, x, y)$ ត្រូវបានគណនាដូចក្នុងសមីការខាងក្រោម៖

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial m}{\partial x} + \frac{\partial n}{\partial y} = 0 \quad (1.17)$$

m និង n គឺជាធារទឹកក្នុងមួយឆ្នាតប្រវែងនៃទិសដៅ x និងទិសដៅ y រៀងគ្នានៅត្រង់ទីតាំង (x, y) ។ ពួកវាត្រូវបានគណនាតាមរយៈ u និង v ក្នុងសមីការ (1.1) និង (1.2) ដូចខាងក្រោម៖

$$m(t, x, y) \equiv \int_{b(x, y)}^{h(t, x, y)} u(t, x, y, z) dz \quad (1.18)$$

$$n(t, x, y) \equiv \int_{b(x, y)}^{h(t, x, y)} v(t, x, y, z) dz \quad (1.19)$$

ដែល $b(x, y)$ គឺជាទីតាំង ឬកម្ពស់នៃបាតទន្លេ ឬខ្សែទឹក។

តម្លៃនៅតាមដែនកំណត់ (Boundary Conditions)

បម្រែបម្រួលតាមពេលនៃសមីការគ្រឹះទាំងនេះត្រូវបានគណនាជាមួយនឹង តម្លៃនៅតាមដែនកំណត់មានដូចជា៖ នៅលើផ្ទៃទឹក, នៅលើផ្ទៃបាតទន្លេ, នៅត្រង់ ច្រាំងទាំងសងខាងខ្សែទឹក, និងនៅត្រង់ខ្សែទឹកខាងលើ និងខាងក្រោមនៃប្រព័ន្ធ គណនា។

នៅលើផ្ទៃទឹក

បម្រែបម្រួលតាមពេលផ្ទៃខាងលើនៃផ្ទៃទឹក និងផ្ទៃខាងក្រោមនៃបាតទន្លេត្រូវ បានគណនាដោយវិធីសាស្ត្រដូចគ្នាទៅនឹងតំបន់មានទឹក ប្រសិនបើផ្ទៃទាំងនេះត្រូវ បានបំពេញដោយទឹក ឬជន់លិច។ ទន្ទឹមនឹងនេះ លក្ខខណ្ឌខាងក្រោមត្រូវបានប្រើ ប្រាស់ជាសំពាធទៅលើផ្ទៃទឹកដើម្បីធានាសុពលភាពនៃលំហូរក្នុងតំបន់ទឹក។

$$p(t, x, y, h(t, x, y)) = 0 \quad (1.20)$$

បើសិនគ្មានការដឹកជញ្ជូននៃភាពប្រែដោយផ្ទៃទឹកទេ នោះតម្លៃនៅដែន កំណត់នៃភាពប្រែគឺស្មើ 0 ។

$$\left(\frac{\partial s}{\partial z}\right)_{(t,x,y,h(t,x,y))} = 0 \quad (1.21)$$

បម្រែបម្រួលនៃសីតុណ្ហភាពទឹកដែលបណ្តាលមកពីលក្ខខណ្ឌឧតុនិយម (ពន្លឺព្រះអាទិត្យជាដើម) ត្រូវបានគណនាជាកន្សោមប្រភព (source term)។ បើសិន គ្មានការដឹកជញ្ជូននៃកម្ដៅ កន្សោមនេះគឺស្មើ 0 ។

$$\left(\frac{\partial T}{\partial z}\right)_{(t,x,y,h(t,x,y))} = 0 \quad (1.22)$$

បើសិនគ្មានទិន្នន័យខ្យល់ត្រូវបានបញ្ចូលទេ ឥទ្ធិពលនៃខ្យល់ដែលមានលើ ល្បឿនលំហូរមិនត្រូវបានគណនាទេ ឬសន្មតថាស្មើ 0 ។

$$\left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)_{(t,x,y,h(t,x,y))} = 0 \quad (1.23)$$

$$\left(\frac{\partial v}{\partial z}\right)_{(t,x,y,h(t,x,y))} = 0 \quad (1.24)$$

ផ្ទុយទៅវិញ បើមានទិន្នន័យខ្យល់ត្រូវបានបញ្ចូល ឥទ្ធិពលនៃខ្យល់ដែលមានលើល្បឿនលំហូរត្រូវបានគណនាដូចខាងក្រោម៖

$$v_{\text{turb}} \left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)_{(t,x,y,h(t,x,y))} = -\frac{\tau_{\text{wind}}}{\rho_{\text{water}}} \frac{U_x}{\sqrt{U_x^2 + U_y^2}} \quad (1.25)$$

$$v_{\text{turb}} \left(\frac{\partial v}{\partial z}\right)_{(t,x,y,h(t,x,y))} = -\frac{\tau_{\text{wind}}}{\rho_{\text{water}}} \frac{U_y}{\sqrt{U_x^2 + U_y^2}} \quad (1.26)$$

U_x និង U_y គឺជាល្បឿនខ្យល់តាមទិសដៅ x និងតាមទិសដៅ y នៅរយៈកម្ពស់ ១០ ម៉ែត្រពីផ្ទៃទឹក។ $\rho_{\text{water}}[\text{kg/m}^3]$ គឺជាដង់ស៊ីតេទឹក។ τ_{wind} គឺជាកំលាំងកកិតនៃខ្យល់។

$$\tau_{\text{wind}} = \rho_{\text{air}} C_D U^2 \quad (1.27)$$

$\rho_{\text{air}} = 1.3 \text{ kg/m}^3$ គឺជាដង់ស៊ីតេខ្យល់។ $U = \sqrt{U_x^2 + U_y^2}$ គឺជាល្បឿនខ្យល់។ មេគុណកកិត C_D ត្រូវបានគណនាពីសមីការរបស់ Kondo et al.¹; ដូចខាងក្រោម៖

$$10^3 \times C_D = \begin{cases} 1.08U^{-0.15} & \text{for } U < 2.2 \text{ m/s} \\ 0.771 + 0.0858U & \text{for } 2.2 < U < 5 \text{ m/s} \\ 0.867 + 0.0667U & \text{for } 5 < U < 8 \text{ m/s} \\ 1.2 + 0.025U & \text{for } 8 < U < 25 \text{ m/s} \\ 0.073U & \text{for } 25 \text{ m/s} < U \end{cases} \quad (1.28)$$

ថាមពលទែរម៉ូឡូស៊ីនេទិច និងអត្រាពន្លាតនៃទែរម៉ូឡូស៊ីនេទិច (turbulent dispersion rate) ត្រូវបានកំណត់នៅតាមជញ្ជាំងនៃដែនកំណត់ជាចំនួនថេរដោយសមីការខាងក្រោម៖

$$k = \frac{1}{\sqrt{C_\mu}} \frac{\tau_{\text{wind}}}{\rho_{\text{water}}} \quad (1.29)$$

$$\varepsilon = \frac{(\sqrt{C_\mu} k)^{\frac{3}{2}}}{KZ_s/2} \quad (1.30)$$

ការគណនានេះ គឺផ្អែកលើការសន្មតថាផលិតកម្ម (នៃកំលាំង stress) និងថាមពល ទែរម៉ូឌីណាមិកនៃទឹក គឺសមភាពក្នុងតំបន់ក្បែរផ្ទៃទឹក។ មេគុណ $\kappa = 0.4$ គឺជាចំនួន ថេរ von Karman, និង z_s គឺជាចម្ងាយពីផ្ទៃទឹក។ តម្លៃជាក់ស្តែងរបស់ z_s គឺតែងតែស្មើ 0 ពីព្រោះតែតិចតែមកណាត់ទីតាំងនៃចំនុចក្នុងសំណាញ់ឲ្យស្ថិតនៅលើផ្ទៃទឹក។ ទោះជា យ៉ាងនេះក្តី អង្កត់ឈរនៃសំណាញ់លើផ្ទៃទឹកត្រូវបានកំណត់ដើម្បីធានាបាននូវ ស្ថេរភាពគណនា។

តម្លៃនៃដែនកំណត់សម្រាប់ស្តារលើរលេចទៀត $\phi_{sp}(t, x, y, z)$ ក៏មានដែរនៅ លើផ្ទៃទឹក (ចូរអានចាប់ពីទំព័រ១២៨)។

នៅលើផ្ទៃបាតទន្លេ

សំពាធត្រូវបានគណនាជាមួយលក្ខខណ្ឌមេកានិចខាងក្រោម៖

$$u_n(t, x, y, b(t, x, y)) = 0 \quad (1.31)$$

u_n គឺជាល្បឿនដែលកាត់កែងនឹងផ្ទៃបាតទន្លេ។ ក្រៅពីនេះ ឥទ្ធិពលកកិតរបស់ផ្ទៃ បាតទន្លេត្រូវបានគិតបញ្ចូលក្នុងល្បឿនដែលស្របនៅនឹងបាតទន្លេដូចខាងក្រោម៖

$$\nu_{\text{turb}} \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)_{(t, x, y, b(t, x, y))} = -f_b u_b u \quad (1.32)$$

$$\nu_{\text{turb}} \left(\frac{\partial v}{\partial z} \right)_{(t, x, y, b(t, x, y))} = -f_b u_b v \quad (1.33)$$

$$\nu_{\text{turb}} \left(\frac{\partial w}{\partial z} \right)_{(t, x, y, b(t, x, y))} = -f_b u_b w \quad (1.34)$$

f_b គឺជាមេគុណកកិតដែលតម្លៃរបស់វាអាចកំណត់នៅក្នុងលក្ខខណ្ឌគណនា, u_b គឺ ជាល្បឿនដែលស្របទៅនឹងផ្ទៃបាតទន្លេ។

បើសិនគ្មានការដឹកជញ្ជូននៃភាពប្រៃ និងកម្ដៅតាមផ្ទៃបាតទន្លេទេ នោះតម្លៃ នៅដែនកំណត់ទាំង២នេះគឺស្មើ 0 ។

$$\left(\frac{\partial s}{\partial z}\right)_{(t,x,y,b(t,x,y))} = \left(\frac{\partial T}{\partial z}\right)_{(t,x,y,b(t,x,y))} = 0 \quad (1.35)$$

ការកំណត់តម្លៃនៅត្រង់ដែនកំណត់នៃថាមពលទែរម៉ូឌីណាមិច និងអត្រាពាលជាលនៃទែរម៉ូឌីណាមិច (turbulent dispersion rate) មាន២របៀប។ យើងអាចជ្រើសរើស១ក្នុងចំណោម២របៀបនេះនៅក្នុង KE_BED_BOUNDARY_MODEL ដែលស្ថិតក្នុងឯកសារធនាសម្ព័ន្ធគ្រឹះមួយដែលមានឈ្មោះខាងចុង “*.inc”។

ប្រើសិន KE BED BOUNDARY MODEL=0

ថាមពលទែរម៉ូឌីណាមិច និងអត្រាពាលជាលនៃទែរម៉ូឌីណាមិច (turbulent dispersion rate) ត្រូវបានកំណត់នៅតាមជញ្ជាំងនៃដែនកំណត់ជាចំនួនថេរដោយសមីការខាងក្រោម៖

$$k = \frac{1}{\sqrt{C_\mu}} \frac{\tau_{btm}}{\rho_{water}} \quad (1.36)$$

$$\varepsilon = \frac{(\sqrt{C_\mu} k)^{\frac{3}{2}}}{\kappa z_b / 2} \quad (1.37)$$

ការគណនានេះ គឺផ្អែកលើការសន្មតថាផលិតកម្ម (នៃកំលាំង stress) និងថាមពលទែរម៉ូឌីណាមិច គឺសមភាពក្នុងតំបន់ក្បែរផ្ទៃទឹក ដូចគ្នាទៅនឹងការគណនាប៉ារ៉ាម៉ែត្រទាំង២នេះក្នុងតំបន់ទឹកដែរ។ កំលាំង stress ដែលបានពីបាតទន្លេគណនាដោយ៖

$$\tau_{btm} = \rho_{water} f_b (u_b^2 + v_b^2 + w_b^2) \quad (1.38)$$

z_b គឺជាចំងាយពីបាតទន្លេ។ តម្លៃជាក់ស្តែងនៃ z_b គឺតែងតែស្មើ ០ ពីព្រោះតែតំបន់កំណត់ទីតាំងនៃចំណុចក្នុងសំណាញ់ត្រូវស្ថិតនៅលើផ្ទៃបាតទន្លេ។ ទោះជាយ៉ាងនេះក្តី អង្កត់ឈរនៃសំណាញ់លើផ្ទៃបាតទន្លេ ត្រូវបានកំណត់ដើម្បីធានាបាននូវស្ថេរភាពគណនា។

ប៊េសិន KE BED BOUNDARY MODEL = 1

Ishikawa and Moribayashi et alⁱⁱ. បានវិភាគដង់ស៊ីតេ plumes ដែលហូរតាមចំណោត ចុះក្រោម។ ការវិភាគទាំងនេះផ្អែកទៅលើភាពប្រហាក់ប្រហែលគ្នានៃ plumes និង រូប មន្តម្លូដែលមួយចំនួននៃថាមពលទែរម៉ូឡូឡង់ស៊ីនេទិច និងអត្រាពលដាលនៃទែរម៉ូ ឡូឡង់(turbulent dispersion rate)។

$$\nu_{\text{turb}} \left(\frac{\partial k}{\partial z} \right)_{(t,x,y,b(t,x,y))} = \alpha f_b (u_b^2 + v_b^2 + w_b^2)^{\frac{3}{2}} \quad (1.39)$$

$$\nu_{\text{turb}} \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial z} \right)_{(t,x,y,b(t,x,y))} = \beta f_b (u_b^2 + v_b^2 + w_b^2)^{\frac{3}{2}} \varepsilon / k \quad (1.40)$$

ក្នុងករណី KE_BED_BOUNDARY_MODEL = 1, ថាមពលទែរម៉ូឡូឡង់ស៊ីនេទិច និងអត្រា ពលដាលនៃទែរម៉ូឡូឡង់(turbulent dispersion rate)ត្រូវបានគណនាដោយរូបមន្តម្លូ ដែលខាងលើ។ α និង β គឺជាចំនួនថេរដែលគណនាដោយមេគុណកកិត f_b និង ចំនួនថេរ C_1 និង C_2 នៃម្លូដែល។ តម្លៃជាក់ស្តែងនៃ α និង β នឹងត្រូវបានគណនាដោយ ស្វ័យប្រវត្តិនៅក្នុងមុខងារ set_stress_and_flux_on_surface ។

តម្លៃនៃដែនកំណត់សម្រាប់ស្តារលើរលេចទៀត $\phi_{\text{sp}}(t, x, y, z)$ ក៏មានដែរនៅ លើផ្ទៃបាតទន្លេ (ចូរអានចាប់ពីទំព័រ១២៨)។

នៅត្រង់ច្រាំងទាំងសងខាងខ្សែទឹក

ប៊េសិនចំនុចនៃសំណាញ់ជាប់ ឬប៉ះនឹងច្រាំងទន្លេមានន័យថា $y = Y_{\min}$ ឬ $Y_{\max}$, ដូចដែលបានគណនានៅលើផ្ទៃបាតទន្លេ តម្លៃត្រង់កំណត់នេះ (ច្រាំង) ត្រូវ បានគណនាដូចខាងក្រោម៖

$$\left(\frac{\partial u}{\partial n} \right) = -f_b u_s u \quad (1.41)$$

$$\left(\frac{\partial v}{\partial n} \right) = -f_b u_s v \quad (1.42)$$

$$\left(\frac{\partial w}{\partial n}\right) = -f_b u_s w \quad (1.43)$$

n គឺជាវ៉ិចទ័រដែលកែងនឹងតែម្រាំងទន្លេ។ u_s គឺជាល្បឿននៅត្រង់ចំណុចនៃសំណាញ់។ ក្រៅពីនេះ តម្លៃនៃដែនកំណត់ទាំងនេះត្រូវបានកំណត់ត្រង់រាល់ចំណុចដែលប៉ះនឹងតំបន់ដី “land areas” (ចូរអានចាប់ពីទំព័រ ៦៥)។

បើសិនគ្មានការដឹកជញ្ជូននៃភាពប្រៃ, កម្ដៅ, ថាមពលទែរម៉ូឌីណាមិច និងអត្រាពាលដាលនៃទែរម៉ូឌីណាមិច (turbulent dispersion rate) នៅតាមតែម្រាំងទន្លេទេ នោះតម្លៃនៅដែនកំណត់ទាំងនេះ គឺស្មើ ០ ។

$$\left(\frac{\partial s}{\partial z}\right) = \left(\frac{\partial T}{\partial z}\right) = \left(\frac{\partial k}{\partial z}\right) = \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial z}\right) = 0 \quad (1.44)$$

នៅត្រង់ខ្សែទឹកខាងលើ និងខាងក្រោម

តម្លៃ ឬទិន្នន័យណាមួយនៃដែនកំណត់នៃល្បឿនទឹកតាមទិសដៅ x , ភាពប្រៃ, សីតុណ្ហភាពទឹក, និងស្ដារលេរផ្សេងទៀត គឺសុទ្ធតែអាចកំណត់បាននៅត្រង់ខ្សែទឹកខាងលើ និងខាងក្រោមនៃប្រព័ន្ធគណនាដែល $x = X_{\min}$ ឬ $X_{\max}$ ។ ទិន្នន័យទាំងនេះត្រូវតែរៀបចំឡើងជាឯកសារជាសេរីតាមពេល។

តែតិចមកអាចគណនាទន្លេដែលមានដៃច្រើន (ដូចក្នុងរូប Fig. 8) ដោយកំណត់ប្រព័ន្ធដែនកំណត់ (boundary domains) មួយចំនួនត្រង់ដែនកំណត់ $X_{\min}$ និង $X_{\max}$ ។ ដែនកំណត់នីមួយៗអាចមានរហូតដល់ ១០ ប្រព័ន្ធដែនកំណត់ (boundary domains)។ ទំហំនៃប្រព័ន្ធដែនកំណត់ (boundary domains) នីមួយៗត្រូវបានកំណត់នៅក្នុងឯកសារចនាសម្ព័ន្ធគ្រឹះមួយដែលមានឈ្មោះខាងចុង “*.inc” ដោយតម្លៃអប្បបរមា និងអតិរេកនៃកូអរដោនេ y ៖ $Y_{\min_?}$ និង $Y_{\max_?}$ (សញ្ញា? គឺជាសន្ទស្សន៍ ឬលេខរៀងនៃប្រព័ន្ធដែនកំណត់)។

រូបភាព Fig. 9 បង្ហាញអំពីមុខកាត់ $y-z$ មួយនៅត្រង់ទីតាំង $x_{\min}$ ឬ $x_{\max}$ ។ លក្ខខណ្ឌដែនកំណត់ផ្សេងៗគ្នាដែលអាចបញ្ចូលបានត្រង់ប្រព័ន្ធដែនកំណត់ (boundary domain) #1 និង#2 ដោយទិន្នន័យឯកសារដែលនឹងត្រូវតែរៀបចំឡើង ជាសេរីតាមពេលមានដូចជា ធារទឹក, ភាពប្រៃ, សីតុណ្ហភាពទឹក, ។ល។ បើសិនទិន្នន័យឯកសារធារទឹកជាសេរីតាមពេលត្រូវបានរៀបចំត្រង់ប្រព័ន្ធដែនកំណត់មួយ តម្លៃល្បឿននៃខ្សែទឹកធំត្រូវបានបញ្ចូលស្មើគ្នានៅត្រង់ប្រព័ន្ធដែនកំណត់មួយនេះ (ព្រោះតម្លៃល្បឿនទឹក គឺស្មើនឹងធារទឹកចែកនឹងមុខកាត់ទឹក)។ ដូចគ្នានេះផងដែរ បើសិនទិន្នន័យឯកសារភាពប្រៃ សីតុណ្ហភាពទឹក ឬក៏ចំនួនស្កាលែរណាមួយត្រូវបានរៀបចំដើម្បីបញ្ចូល តម្លៃទិន្នន័យឯកសារទាំងនេះត្រូវបានបញ្ចូលស្មើគ្នានៅត្រង់ប្រព័ន្ធដែនកំណត់មួយនេះ។ បើសិនទិន្នន័យឯកសារជាកម្ពស់ទឹកត្រូវបានរៀបចំដើម្បីបញ្ចូល តម្លៃទិន្នន័យកម្ពស់ទឹកត្រូវបានបញ្ចូលស្មើគ្នានៅត្រង់ប្រព័ន្ធដែនកំណត់មួយនេះផងដែរ។ បើសិនគ្មានទិន្នន័យឯកសារនៃរូបធាតុទាំងនេះ ឬក៏ចំពោះថាមពលទែរម៉ូឌីណាមិកស៊ីនេទិច និងអត្រាពាលដាលនៃទែរម៉ូឌីណាមិក (turbulent dispersion rate) ទេ តម្លៃសេរីមួយត្រូវបានបញ្ចូលស្មើនឹង $df/dx = 0$ ។

យើងក៏អាចលីមីតតម្លៃទិន្នន័យជាផ្នែកៗត្រង់ច្រកចូល ឬចេញដោយប្រើប្រាស់ “gate conditions” នៅត្រង់ប្រព័ន្ធដែនកំណត់នីមួយៗ។ រូបភាព Fig. 10 បង្ហាញពីឧទាហរណ៍នៃ gate conditions ។ ក្នុងផ្ទៃចតុកោណកែងមួយចំនួនអាចអនុញ្ញាតឲ្យយើងលីមីតច្រកចេញ និងចូលបាន (gates, passage domains) ។ Gate conditions អាចដំណើរការទៅបានដោយគ្រាន់តែសរសេរឈ្មោះនៃទិន្នន័យឯកសារណាមួយនៃ passage domains (gates) ក្នុងឯកសារចំណាត់ថ្នាក់នេះ។ ទិន្នន័យឯកសារនេះ ត្រូវមានលេខរៀងនៃ passage domains និងកូអរដោនេ y និង z ត្រង់ចំណុចកែងនៃចតុកោណកែង៖ $(y_{\min}^{G?}, z_{\min}^{G?})$ និង $(y_{\max}^{G?}, z_{\max}^{G?})$ ។ វិសាលភាពនៃ passage domains អាចត្រួតពិនិត្យតំបន់ដែលស្ថិតនៅលើផ្ទៃទឹក (ដូច Gate #1 ក្នុងរូបភាព Fig. 10) ឬស្ថិតនៅផ្នែកខាងក្រោមនៃផ្ទៃ

បាតទន្លេ (ដូច Gate #2 ក្នុងរូបភាព Fig. 10) ដើម្បីស្តង់ដារអំពីលំហូរនៃស្រទាប់ខាងលើ និងខាងក្រោម។ បើសិន gate condition ត្រូវបានប្រើប្រាស់ ផ្ទៃមុខកាត់ទាំងអស់ក្រៅពី តំបន់ passage domains ត្រូវបានសន្មតជាជញ្ជាំងហើយគ្មានការចេញចូលត្រង់តំបន់ ទាំងនេះទេ។ បើសិនទិន្នន័យឯកសារនៃល្បឿន ភាពប្រែ សីតុណ្ហភាពទឹក ឬក៏ចំនួន ស្កាលែរណាមួយត្រូវបានរៀបចំដើម្បីបញ្ចូលត្រង់ប្រព័ន្ធដែនកំណត់ (boundary domain) ហើយមានការប្រើប្រាស់ gate conditions នោះ តម្លៃទិន្នន័យឯកសារទាំងនេះត្រូវ បានបញ្ចូលត្រង់តំបន់ passage areas នេះទេ។ បើសិនទិន្នន័យឯកសារធារទឹកជាស៊េរី វីតាមពេលត្រូវបានរៀបចំត្រង់ប្រព័ន្ធដែនដែលមាន gate conditions តម្លៃល្បឿនទឹក ត្រូវបានបញ្ចូលជាផលចែករវាងតម្លៃធារទឹកចែកនឹងមុខកាត់ទឹកសរុបនៃ passage domains) ។

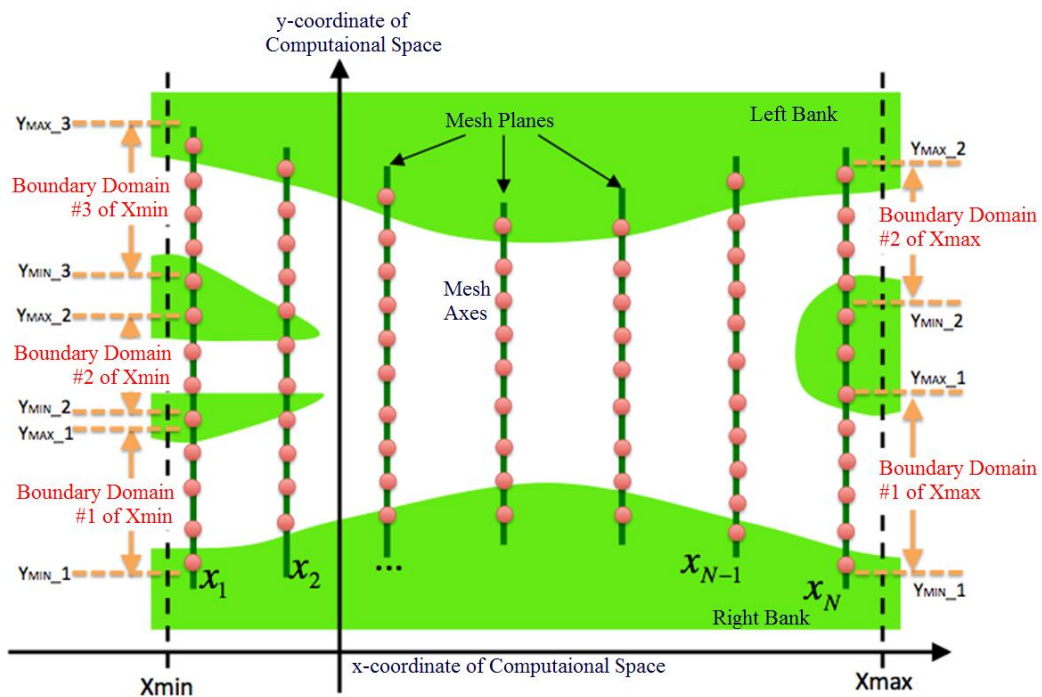


Fig. 8 Boundary domains on the x boundaries

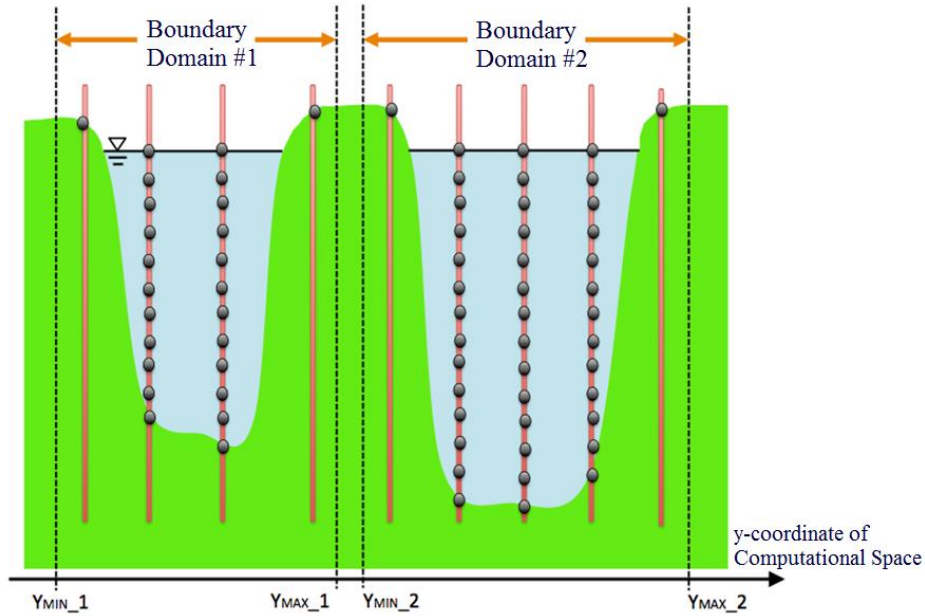


Fig. 9 Boundary domains on a x-boundary cross section

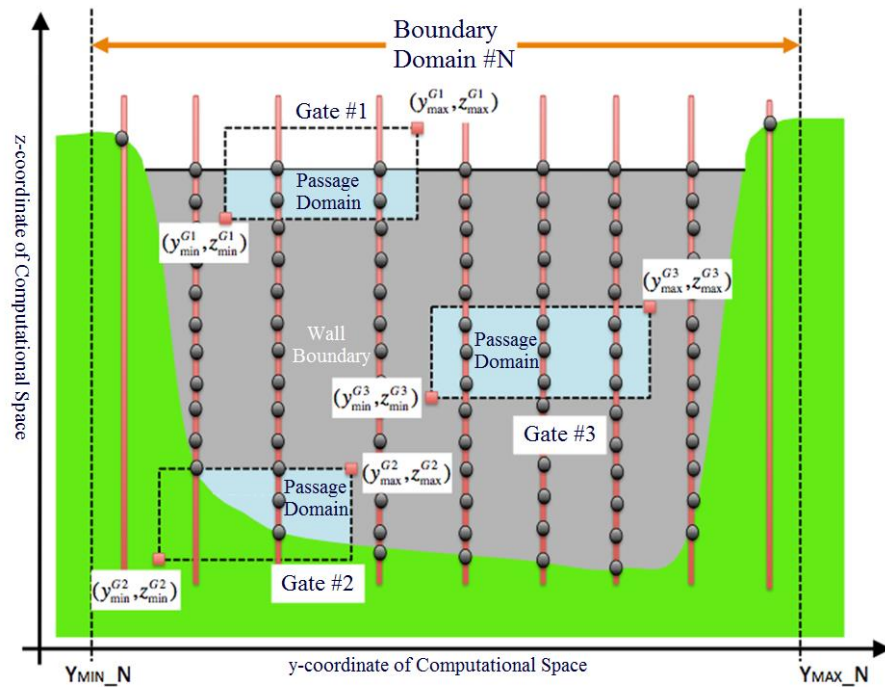


Fig. 10 Gate conditions on a boundary domain

ⁱKondo, J. (近藤純正) et al., 水環境の気象学 (Meteorology of Water Environment), Asakura Publishing Co. Ltd., (1994), pp.169-170.

ⁱⁱMoribayashi, T. (盛林哲), 傾斜プルームの連行則に関する解析的研究 (An analytical research on the entrainment law of slope plumes), The master thesis of Tokyo Institute of Technology, Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering, (1999).

ម៉ូដែលដឹកជញ្ជូនកម្ដៅ

ផ្នែកនេះពន្យល់អំពីសមីការម៉ូដែលដឹកជញ្ជូនកម្ដៅពីលក្ខខណ្ឌនៃឧតុនិយម (មានដូចជា៖ ពន្លឺព្រះអាទិត្យ សីតុណ្ហភាពខ្យល់ ខ្យល់ ។ល។) ដើម្បីស្វែងអំពីភាពឡើងចុះនៃស្រទាប់កម្ដៅ(thermal stratifications)។ សមីការដឹកជញ្ជូនសីតុណ្ហភាពទឹកត្រូវបានគណនាដូចខាងក្រោម៖

$$\frac{DT}{Dt} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\nu_{lic}}{\sigma_t} \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\nu_{lic}}{\sigma_t} \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\nu_{eff}}{\sigma_t} \frac{\partial T}{\partial z} \right) + S_T \quad (1.5)$$

ដែល S_T ត្រូវបានគណនាដូចខាងក្រោម៖

$$S_T = \frac{\phi}{\rho C_w} \quad (1.45)$$

ϕ [kcal/m³ sec] គឺជាធារកម្ដៅ (heat flux) ដែលផ្តល់ឲ្យផ្ទៃទឹកពីបរិយាកាស។ C_w គឺជាអនុភាពកម្ដៅរបស់ទឹក(specific heat capacity)។ ការដឹកជញ្ជូនកម្ដៅ (ធារកម្ដៅ ϕ) ពី ឬទៅផ្នែកខាងក្រៅនៃផ្ទៃទឹក គឺតាមរយៈកាំពន្លឺព្រះអាទិត្យវែង (longwave) និងខ្លី (shortwave) កម្ដៅឡាតង់(latent) និងកម្ដៅសង់ស៊ីប(sensible)។ របៀបគណនាសីតុណ្ហភាព គឺខុសគ្នារវាងផ្នែកខាងលើ និងខាងក្រោមផ្ទៃទឹក ពីព្រោះគ្រាន់តែកាំពន្លឺខ្លីនៃព្រះអាទិត្យតែមួយគត់មានឥទ្ធិពលទៅលើសីតុណ្ហភាពផ្នែកខាងក្រោមផ្ទៃទឹក ប៉ុន្តែមានកត្តាផ្សេងទៀតក៏មានអំពើលើផ្នែកខាងលើ។

ផ្នែកខាងលើនៃផ្ទៃទឹក

រូបភាព Fig. 11 គូសបង្ហាញអំពីរបៀបដឹកជញ្ជូនកម្ដៅជុំវិញ និងផ្នែកខាងក្រោមនៃផ្ទៃទឹក។ ផ្ទៃទឹកទទួលកម្ដៅពីកាំពន្លឺខ្លីនៃព្រះអាទិត្យ (ពន្លឺព្រះអាទិត្យទូទៅ) ϕ_I និងកាំពន្លឺវែងពីបរិយាកាស និងពពក ϕ_{Ldn} ។ ទន្ទឹមនឹងនេះ វាក៏បញ្ចេញកម្ដៅនៃកាំពន្លឺវែង ϕ_{Lup} ត្រលប់ទៅបរិយាកាសវិញ។ ចំនែកកងកម្ដៅឡាតង់(latent) និងក

ម្តៅសង់ស៊ីប(sensible) ត្រូវបានបញ្ជូនទៅវិញទៅមករវាងផ្ទៃទឹក និងបរិយាកាស ហើយត្រូវបានហៅថា ធារកម្តៅឡាតង់(latent) ឬសង់ស៊ីប(sensible)។ កម្តៅឡាតង់(latent) គឺជាកម្តៅដែលដឹកជញ្ជូនដោយរំហូតទឹក រីឯកម្តៅសង់ស៊ីប(sensible) គឺជាកម្តៅដែលដឹកជញ្ជូនដោយ conduction និង convection។ បរិមាណកម្តៅទាំង២នេះត្រូវហៅកាត់ថា ϕ_c (ធារកម្តៅឡាតង់) និង ϕ_e (ធារកម្តៅសង់ស៊ីប)។

ផ្ទៃទឹកចាំងផ្លាតកាំពន្លឺខ្លីនៃព្រះអាទិត្យ គឺ (ϕ_1) , ដូច្នេះ $(1 - \alpha)\phi_1$ គឺជាចំនួនកាំពន្លឺដែលបានជ្រាបចូលក្នុងទឹក។ ប្រហែលជាពាក់កណ្តាលនៃ $(1 - \alpha)\phi_1$ ត្រូវបានស្រូបដោយផ្ទៃទឹក និងមួយចំនួនទៀតជាលក្ខណៈជម្រៅទឹកដែលមានលក្ខណៈខ្សោយទៅៗបែបអិចស្ប៉ូណង់ស្យែល។ ដូច្នេះ ធារកម្តៅឆ្លងកាត់ផ្ទៃទឹកត្រូវបានគណនាដូចខាងក្រោម៖

$$\phi_{surf} = \beta(1 - \alpha)\phi_1 - C_1\{(\phi_{Lup} - \phi_{Ldn}) + (\phi_c + \phi_e)\} \quad (1.46)$$

α គឺជាភាគរយនៃចំណាំងផ្លាតនៃផ្ទៃទឹក និង β គឺជាភាគរយការស្រូបកាំពន្លឺខ្លីនៃព្រះអាទិត្យនៃផ្ទៃទឹក។ ប៉ារ៉ាម៉ែត្រទាំង២នេះជាចំនួនថេរដែលអាចគណនាបានដោយភាពជ្រាលជ្រៅ ។ល។ ជាទូទៅ α មានតម្លៃប្រហែល 0.03 ~ 0.04 ហើយ β មានតម្លៃប្រហែល 0.4 ~ 0.6ⁱⁱⁱ។ C_1 គឺជាចំនួនដែលអាចតម្រូវ ឬក៏មេគុណកែតម្រូវនៃធារកម្តៅដែលមិនមែនជាកាំពន្លឺខ្លី។ វាត្រូវបានប្រើប្រាស់សម្រាប់ស្តង់ដារអំពីការចុះត្រជាក់លឿននៃផ្ទៃទឹក (ក្នុងពេលយប់, ពេលមានខ្យល់ខ្លាំង ។ល។) ហើយតម្លៃស្តង់ដាររបស់វាគឺស្មើ ១។

មានម៉ូដែល (empirical) មួយចំនួនដែលអាចគណនាបរិមាណកម្តៅសរុបពីកាំពន្លឺវែង(net longwave radiation) $\phi_L = \phi_{Lup} - \phi_{Ldn}$ ឬបរិមាណសរុបនៃផលបូកនៃកម្តៅឡាតង់ និងកម្តៅសង់ស៊ីប $\phi_c + \phi_e$ ដោយការពិសោធន៍ និងការសង្កេតវាស់វែង។ តែតិចវែមប្រើប្រាស់រូបមន្តរបស់ Swinbank^{iv} សម្រាប់គណនាបរិមាណកម្តៅសរុបពីកាំពន្លឺវែង $\phi_L = \phi_{Lup} - \phi_{Ldn}$ ដូចខាងក្រោម៖

$$\phi_L = 0.97\sigma_s \left\{ T_W^4 - 0.937 \times 10^{-5} T_A^6 \left(1.0 + 0.17 \left(\frac{C}{10} \right)^2 \right) \right\} \quad (1.47)$$

$\sigma_s = 1.171 \times 10^{-6}$ kcal/m² day K គឺជាថេរនៃថេរ Stefan-Boltzmann ។ T_W [K] និង T_A [K] គឺជាសីតុណ្ហភាពនៃផ្ទៃទឹក និងបរិយាកាសរៀងគ្នា។ C គឺជាបរិមាណពពក (ឬគំពោបពពក៖ 0 ~ 10)

រូបមន្ត Rowher^v ត្រូវបានប្រើប្រាស់សម្រាប់គណនាកម្ដៅឡាតង់ និងកម្ដៅសង់ស៊ីបដូចខាងក្រោម៖

$$\phi_c + \phi_e = (0.000308 + 0.000185 U_{15cm}) \rho (e_s - \psi e_a) \left\{ L_v + C_w T_s + \frac{269.1(T_s - T_a)}{e_s - \psi e_a} \right\} \quad (1.48)$$

U_{15cm} [m/s] គឺជាល្បឿនខ្យល់នៅរយៈកម្ពស់លើ 15 cm ។ e_s [mmHg] និង e_a [mmHg] គឺជាសំពាធផ្អែតនៃចំហាយទឹកនៅសីតុណ្ហភាពនៃផ្ទៃទឹក និងបរិយាកាសរៀងគ្នា។ ψ [%] គឺជាសំណើម។ L_v [kcal/kg] គឺជាកម្ដៅឡាតង់នៃរំហូតទឹក។ T_s [°C] និង T_a [°C] គឺជាសីតុណ្ហភាពនៃផ្ទៃទឹក និងបរិយាកាសរៀងគ្នា។ ត្រង់នេះ សំពាធផ្អែតនៃចំហាយទឹកត្រូវបានគណនាដោយរូបមន្តរបស់ Tetens ដូចខាងក្រោម៖

$$e_s = 6.112 \times 10^{\frac{7.5T_s}{T_s+273.3}} \quad (1.49)$$

$$e_a = 6.112 \times 10^{\frac{7.5T_a}{T_a+273.3}} \quad (1.50)$$

រូបមន្តនេះអាចអនុវត្តយ៉ាងត្រឹមត្រូវបាននៅលើផ្ទៃទឹក ឬទឹកកកដែលមានសីតុណ្ហភាពពី -30 ទៅ +40 °C ។

កម្ដៅឡាតង់នៃរំហូតទឹក L_v ត្រូវបានគណនាដូចខាងក្រោម៖

$$L_v = -3.766 \times 10^{-4} T_s^2 - 5.440 \times 10^{-1} T_s + 5.97 \times 10^2 \quad (1.51)$$

ល្បឿនខ្យល់នៅរយៈកម្ពស់លើ 15 cm ត្រូវបានគណនាចេញពីល្បឿនខ្យល់នៅរយៈកម្ពស់ 10m ៖

$$U_{15\text{cm}} = U_{10\text{m}} + \frac{u^*}{\kappa} \log\left(\frac{15\text{ cm}}{10\text{ m}}\right)$$

ការគណនានេះ គឺផ្អែកទៅលើការសន្មតថា ល្បឿនខ្យល់ក្បែរផ្ទៃទឹកមានលក្ខណៈជា ល្បាយឡូការីត (logarithmic distribution)៖

$$U(z) = \frac{u^*}{\kappa} \log\left(\frac{Z}{Z_0}\right)$$

ល្បឿនកកិត u^* ត្រូវបានគណនាជាមួយមេគុណទំនាញ c_D ក្នុងសមីការ(1.28) ដូច ខាងក្រោម៖

$$u^* = \sqrt{c_D} U_{10\text{m}}$$

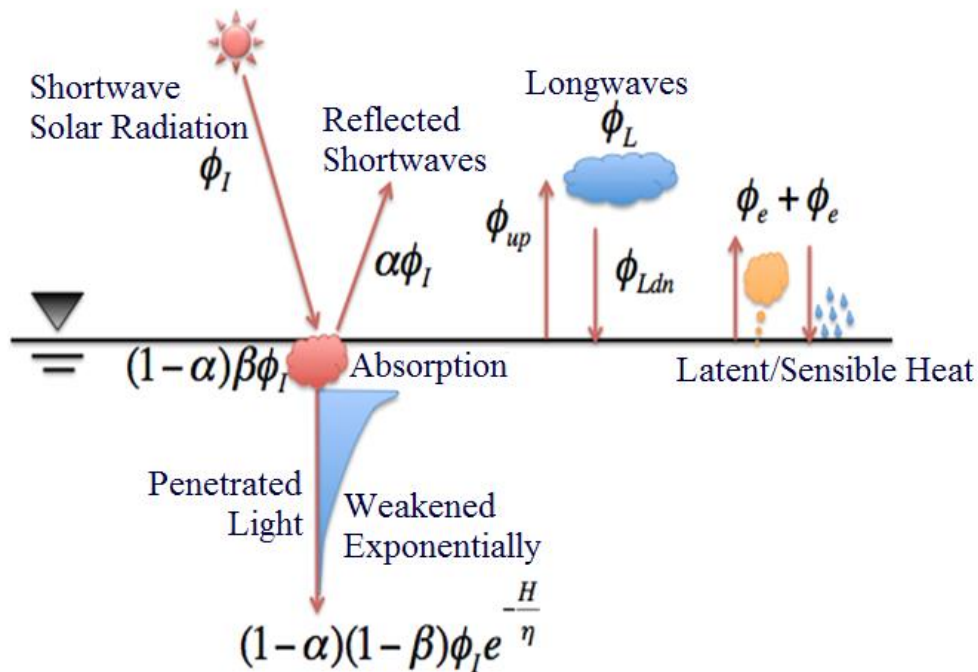


Fig. 11 Fluxes of heat transportation

ផ្នែកខាងក្រោមនៃផ្ទៃទឹក

វាគ្មានកម្ដៅឡើង និងកម្ដៅសង់ស៊ីបដែលស្ថិតក្រោមផ្ទៃទឹកទេ។ បរិមាណកម្ដៅ គឺវាប្រែប្រួលដោយសារតែការស្រូបកាំពន្លឺត្រង់កន្លែងនោះ។ ច្បាប់បានបង្ហាញថាពន្លឺដែលមានលក្ខណៈខ្សោយទៅតាមជម្រៅ H នៃវត្ថុថ្នាំ (ទឹក ។ល។) បែបអិចស្ប៉ូណង់ស្យែល។ ដូចបានបង្ហាញក្នុងរូបភាព Fig. 11, ពន្លឺដែលត្រូវបានសន្មតជាផ្នែកនៃកាំពន្លឺខ្លី (ϕ_1) ដែលបានចាំងផ្លាត ឬស្រូបដោយផ្ទៃទឹក $(1 - \alpha)(1 - \beta)\phi_1$ ដូច្នេះធារកម្ដៅនៃពន្លឺដែល ϕ_d ត្រង់ជម្រៅ $H = h - z$ ត្រូវបានគណនាដូចខាងក្រោម៖

$$\phi_d = (1 - \alpha)(1 - \beta)\phi_1 \exp\left(-\frac{H}{\eta}\right) \quad (1.52)$$

ត្រង់នេះ η គឺជាចម្ងាយដែលអាំងតង់ស៊ីតេពន្លឺដែលមានតម្លៃស្មើនឹង $1/e$ ។ η ត្រូវបានសន្មតជាចំនួនថេរនៅក្នុងតែតិចមែនទោះជាវាអាស្រ័យលើកំហាប់នៃវត្ថុរឹងក្នុងទឹក។ល។ ជាក់ស្ដែង គឺជាកម្រិតនៃផ្ទៃទឹក។

ⁱⁱⁱFor example: Ikegami, J. and Umeda, J., Analysis on Thermal Stratification in a Reservoir Using a Vertical 2-Dimensional Model (ダム貯水池の水温成層に関する鉛直二次元数値解析), *Proceedings of Hydraulic Engineering* (水工学論文集), Vol. 51, (2007), pp. 1349-1354.

^{iv}Swinbank, W.C.: Long-wave radiation from clear skies. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 89, (1963) pp.330-348.

^vRohwer, C.: Evaporation from Free Water Surface, U.S. Department of Agriculture, *Technical Bulletin* No.271 (1931).

ម៉ូដែលបញ្ចូលខ្យល់

ផ្នែកនេះពន្យល់អំពីរបៀបដែលម៉ូដែលបញ្ចូលខ្យល់ត្រូវបានដាក់បញ្ចូលក្នុងតែតិចវ៉ែម។ ម៉ូដែលនេះសន្មតការបញ្ចូលខ្យល់ចេញពីបំពង់បញ្ចេញពពុះ (diffuser pipes) ។ល។ ដូចបានបង្ហាញក្នុងរូបភាព Fig. 12, ពពុះត្រូវបានបញ្ចេញពីបំពង់ diffuser, អណ្តែតឡើង (rise up) និងផ្គុំជាបណ្តាល (bubble core)។ បណ្តាលនៃពពុះ (bubble core) បញ្ចូលទឹកដែលនៅជុំវិញហើយបង្កើតជា “inner plume” ដែលអណ្តែតឡើងជុំវិញខ្លួនវាមួយ។ inner plume អណ្តែតឡើងដោយដំណើរការអាកស៊ីម៉ែត (buoyancy) ឬការបញ្ចូល (entrainment) ហើយឈប់នៅពេលវាបាត់បង់លំនឹង និងបង្កើតជា “outer plume” មួយនៅផ្នែកខាងក្រៅនៃបណ្តាល។ បន្ទាប់មក outer plume រសាយ (ដោយសារតម្លៃអវិជ្ជមាននៃដំណើរការអាកស៊ីម៉ែត) រហូតដល់ពេលដែលទឹកជុំវិញមានដង់ស៊ីតេប្រហាក់ប្រហែល និងពពុះហើយក៏រសាយចូលគ្នាជាមួយទឹក។

ល្បឿនអណ្តែតនៃពពុះ គឺប្រហែល 30 ~ 40 cm/sec, ហើយវាយឺតជាងខ្នាតពេលនៃល្បឿនទឹកក្នុងអាងទឹកមួយ។ ក្រៅពីនេះ អង្កត់ផ្ចិតនៃ plume នីមួយៗមានប្រវែងធំបំផុតប្រហែល 10 m ហើយវាតូចជាងខ្នាតរបស់ការ៉េសំណាញ់នៃល្បឿនទឹក។ បន្ទាប់មក ម៉ូដែលបញ្ចូលខ្យល់នេះញែកការគណនា plume generation ចេញពីការគណនាល្បឿនទឹក ហើយការគណនា plume generation នេះធ្វើឡើងជាលក្ខណៈ 1-dimensional ម៉ូដែល។ ម្យ៉ាងវិញទៀត នៅរាល់ដំហានពេលនីមួយៗនៃការគណនាល្បឿនទឹក ទី១ម៉ូដែលនេះគណនាល្បាយដង់ស៊ីតេតាមទិសឈរលើឧបករណ៍បញ្ចូលខ្យល់ ទី២ម៉ូដែលនេះបង្កើតការវិភាគ vertical 1D plume ជាមួយល្បាយដង់ស៊ីតេ (សម្រាប់ជា input condition) ដោយសន្មតថា plume នេះមានលក្ខណៈ steady state និងទី៣ម៉ូដែលនេះទទួលយក source ឬ sink នៅរាល់ជម្រៅទឹកដែលត្រូវបានប្រើ

ប្រាស់នៅក្នុងការគណនាល្បឿនទឹក។ ការពន្យល់បង្ហាញបន្ទាប់នេះស្តីអំពីម៉ូដែល
plume ដែលត្រូវបានប្រើប្រាស់ក្នុងតែតិចវ៉ែម និងអំពីការគណនារួមគ្នាជាល្បឿនទឹក។

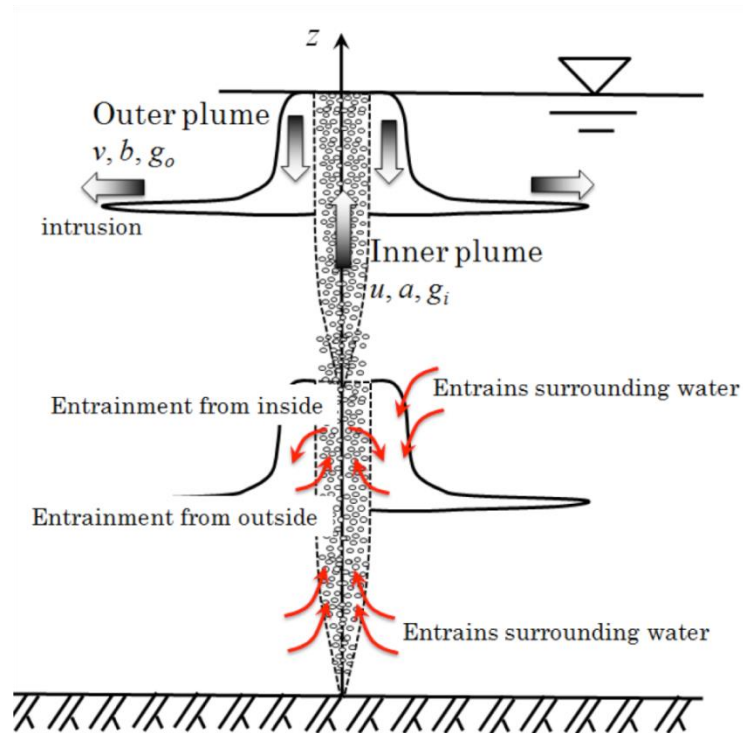


Fig. 12 Double plume model of an air aeration

ដំណើរការនៃការបញ្ចូលខ្យល់ក្នុងម៉ូដែល Vertical 1D Double Plume

តែតិចមែប្រើប្រាស់ម៉ូដែល double plume ដែលបង្កើតដោយ Asaeda & Imberger^{vi} ដើម្បីពណ៌នា plumes ក្នុងជម្រាលដង់ស៊ីតេនៃទឹកដោយរ (ដែលបណ្តាលមកពីភាពខុសគ្នានៃសីតុណ្ហភាព ។ល។)។ រូបមន្តគ្រឹះរបស់វាត្រូវបានបកស្រាយក្នុងផ្នែកបន្ទាប់នេះ។ ដូចបានបង្ហាញក្នុង Fig. 12, ម៉ូដែលនេះសន្មត rising inner plume និង sinking outer plume ។ ជាទូទៅ ល្បឿនដោលឡើងនៃ rising plume មានតម្លៃប្រហែល 50~60 cm/sec ដូច្នេះវាប្រើរយៈពេល 50~60 វិនាទីដើម្បីដល់ផ្ទៃទឹកក្នុងអាងទឹកដែលមានជម្រៅ 50~60 ម៉ែត្រ។ ទាំងនេះតំណាងឲ្យខ្នាតពេលនៃម៉ូដែល plume ហើយខ្នាតនេះពិតជាខ្លីជាងខ្នាតពេលនៃល្បឿនទឹកក្នុងអាងទឹកពិត។ ដូច្នេះ ម៉ូដែលនេះវិភាគ plumes ក្នុងលក្ខណៈ steady state ដោយសន្មតថាល្បាយដង់ស៊ីតេនៃទឹកដែលនៅជុំវិញមិនប្រែប្រួលក្នុងខ្នាតពេលនៃ plumes ទេ។

នៅពេលដែល អ័ក្ស z គឺជាអ័ក្សឈរ, plume ខាងក្នុង និងខាងក្រៅសន្មតថាពួកវាស៊ីមេទ្រីទៅនឹងអ័ក្សឈរ និងមានរាងជាស៊ីឡាំងដែលមានកាំ $a(z)$ និង $b(z)$ រៀងគ្នា។ ទឹកដែលនៅជុំវិញត្រូវបានសន្មតថា វាមានភាពខុស (ឬជម្រាល) ជាស្រទាប់ដោយដង់ស៊ីតេ $\rho_a(z)$ ។ plume ខាងក្នុង និងខាងក្រៅមានល្បឿនតាមទិសដោយរ $u(z)$ និង $v(z)$, មានកាំនៃ plume $a(z)$ និង $b(z)$, និងមានដំណោលអាកស៊ីម៉ែត្រ $g'(z), g''(z)$ រៀងគ្នាក្នុងសមីការគ្រឹះ។ ចលនាឡើងលើនៃដំណោលទឹកទាំងអស់ត្រូវបានសន្មតជា inner plume និងចលនាចុះក្រោមនៃរសាយទឹកទាំងអស់ត្រូវបានសន្មតជា outer plume ។

ដូចបានបង្ហាញក្នុង Fig. 12, inner plume ជាត្រូវបានបញ្ចូល និងដោលឡើងដោយពពុះ។ នៅពេលដែល outer plume មិនកើតមាននៅជម្រៅដូចគ្នា, ទឹកដែលនៅជុំវិញត្រូវបានសន្មតជា stationary និងចំនួនដែលបញ្ចូលពីទឹកដែលនៅជុំវិញទៅក្នុង

inner plume $\beta u(z)$ គឺវាសមាមាត្រទៅនឹងល្បឿនដំណាលនៃ rising inner plume $u(z)$ (β គឺជាមេគុណបញ្ចូល)។

នៅពេលដែល outer plume កើតមាននៅជម្រៅដូចគ្នា, inner plume ត្រូវបានសន្មតថា គឺជាពេលដែលចាប់ផ្តើមបណ្តូរទឹកតាមរយៈការបញ្ចូល។ ការពិសោធន៍មួយចំនួនបានបង្ហាញថា ទែរម៉ូឌីណាមិកក្នុង inner plume ត្រូវបានបង្កើតឡើងដោយភាពខុសគ្នានៃល្បឿនរវាង inner plume និង outer plume ។ ផ្ទុយទៅវិញ, ទែរម៉ូឌីណាមិកក្នុង outer plume ត្រូវបានបង្កើតឡើងដោយភាពខុសគ្នានៃល្បឿនរវាង sinking outer plume $v(z)$ និងទឹកដែលនៅជុំវិញ stationary ។ ដូច្នេះ ចំនួនដែលបញ្ចូលពី outer plume ទៅ inner plume $\beta(u(z) - v(z))$ និងចំនួនដែលបញ្ចូលតាមទិសដៅផ្ទុយ $\gamma v(z)$ ត្រូវបានសន្មតថា វាសមាមាត្រទៅនឹងល្បឿនខុសគ្នារវាង $u(z) - v(z)$ និងល្បឿននៃ outer plume $v(z)$ រៀងគ្នា។

Inner plume បានបាត់បង់ដំណាលអាកស៊ីម៉ែត្រ និងលំនឹងនៅពេលវាដោលឡើង។ ដូច្នេះ នៅពេលចលនារបស់វា $u(z)$ ក្លាយជា 0, វាត្រូវបានសន្មតថា វាចាកចេញពីពពុះ ហើយចាប់ផ្តើមរសាយលិចចុះជា outer plume ។ ដំណាលអាកស៊ីម៉ែត្រត្រូវបានបញ្ជូនពីបាតនៃអាងទឹក, ដូច្នេះ outer plume គឺធ្ងន់ជាងទឹកដែលនៅជុំវិញ និងមានដំណាលអាកស៊ីម៉ែត្រអវិជ្ជមាននៅគ្រាដំបូង។ ដូច្នេះហើយបានជា outer plume រសាយ ឬលិចចុះក្រោម។ នៅខណៈពេលដែល outer plume កំពុងលិចចុះ វានាំមកទឹកមួយចំនួនដែលបានមកពី inner plume និងទឹកដែលនៅជុំវិញដែលស្រាលជាងខ្លួនវា (α គឺជាមេគុណបញ្ចូល)។ ជាលទ្ធផល ការបញ្ចូលទាំងនេះធ្វើឲ្យខ្សោយដំណាលអាកស៊ីម៉ែត្រនៃ outer plume ។ បន្ទាប់មកទៀត បញ្រៀតចូលទឹកជុំវិញតាមទិសដៅដេក នៅពេលដែលដំណាលអាកស៊ីម៉ែត្រស្មើ 0 និងដង់ស៊ីតេនៃទឹកជុំវិញក្លាយជាតែមួយ។

សមីការត្រីនៃម៉ូដែល Vertical 1D Double Plume

សមីការខាងក្រោមត្រូវបានសំរួលចេញពីការសន្មតខាងដើមដោយគិតទៅលើនៃធារមាឌទឹក, ធារចលនា, និងធារអាកស៊ីម៉ែតក្នុង inner plume ៖

សម្រាប់ inner plume

$$\frac{d(a^2u)}{dz} = 2\beta a(u - v) - 2\gamma av \quad (1.53)$$

$$\frac{d(a^2u^2)}{dz} = a^2g' + 2\beta av(u - v) - 2\gamma auv \quad (1.54)$$

$$\frac{d(a^2ug')}{dz} = a^2u \frac{g}{\bar{\rho}} \frac{d\rho_a}{dz} - 2\beta a(u - v)g'' + 2\gamma av\tilde{g} + \frac{d(a^2ugF)}{dz} \quad (1.55)$$

សម្រាប់ outer plume

$$\frac{d}{dz}\{(b^2 - a^2)v\} = -2\beta a(u - v) - 2\gamma av - 2abv \quad (1.56)$$

$$\frac{d}{dz}\{(b^2 - a^2)v^2\} = -(b^2 - a^2)g'' - 2\beta av(u - v) - 2\gamma auv \quad (1.57)$$

$$\frac{d}{dz}\{(b^2 - a^2)v g''\} = (b^2 - a^2)v \frac{g}{\bar{\rho}} \frac{d\rho_a}{dz} - 2\beta a(u - v)g'' + 2\gamma av\tilde{g} \quad (1.58)$$

ត្រង់នេះ $z[m]$ គឺជាកម្ពស់ពីច្រកចេញពពុះនៃឧបករណ៍បញ្ចូលទឹក។ $u(z), v(z)$ គឺជាល្បឿនមធ្យមនៃដំណោល និងលិចចុះនៃ plume និង $g'(z), g''(z)$ $[m/s^2]$ គឺជាដំណោលអាកស៊ីម៉ែតទៅលើទឹកជុំវិញរាង្ស។ α, β , និង γ គឺជាមេគុណបញ្ចូលនៃ, ពីទឹកជុំវិញទៅ outer plume, ពី outer plume ទៅ inner plume, និងពី inner plume ទៅ outer plume។ $g'(z), g''(z)$ គឺត្រូវបានដោះស្រាយដោយសមីការខាងក្រោម៖

$$g' = g(\rho_a - \rho_i)\bar{\rho} \quad (1.59)$$

$$g'' = g(\rho_o - \rho_a)\bar{\rho} \quad (1.60)$$

ρ_a, ρ_i , និង ρ_o គឺជាដង់ស៊ីតេនៃទឹកជុំវិញ, inner plume និង outer plume។ $\bar{\rho}$ $[kg/m^3]$ គឺជាដង់ស៊ីតេនៃលក្ខណៈវិនិច្ឆ័យ និងជាដង់ស៊ីតេមធ្យមតាមទិសដៅឈរផ្នែកខាងលើនៃឧបករណ៍បញ្ចូលខ្យល់។

$\tilde{g}$ គឺជាផ្នែកនៃ g' ដែលត្រូវបានបង្កើតដោយទឹក ហើយវាត្រូវបានគណនាតាមសមីការខាងក្រោម៖

$$\tilde{g} = g' - gF = g' - g \frac{Q_H}{\pi(a\lambda)^2(u + u_s)} \quad (1.61)$$

F គឺជាបរិមាណប្លាសត្រង់មុខកាត់។ Q_H គឺជាធារាប្លាសត្រង់ជម្រៅ H ។ λ គឺជាគីឡូម៉ែត្រនៃកាំនៃ inner plume រវាង កាំនៃ central bubble plume។ u_s [m/s] គឺជាល្បឿនរំលង។

តម្លៃស្តង់ដារនៃប៉ារ៉ាម៉ែត្រត្រូវបានផ្តល់ដោយ Asaeda & Imberger ដូចខាងក្រោម៖

$$\alpha = 0.083, \quad \beta = 0.042, \quad \gamma = 0.083, \quad u_s = 0.3, \quad \lambda = 0.72 \quad (1.62)$$

បែបបទនៃការគណនានៃម៉ូដែល Vertical 1D Double Plume

កាំល្បឿន និងដំណោលអាកស៊ីម៉ែតនៃការសន្មត inner និង outer plume ត្រូវបានគណនាចេញពីសមីការខាងដើមនៃម៉ូដែល double plume។ នៅពេលដែលតែតិចតែម្តងស្រាយសមីការទាំងនេះដែលអាចអនុវត្តបាន អថេរនីមួយៗត្រូវបានបំប្លែងទៅជាចំនួនគ្មានខ្នាតដូចខាងក្រោម៖

$$\begin{aligned} A &= \frac{a}{2\alpha H}, & B &= \frac{b}{2\alpha H}, & U &= \frac{u}{u_s M_H^{-1/3}}, & V &= \frac{v}{u_s M_H^{-1/3}} \\ G' &= \frac{g' H}{u_s^2 M_H^{2/3}}, & G'' &= \frac{g'' H}{u_s^2 M_H^{2/3}}, & S^2 &= B^2 - A^2, & Z &= \frac{z}{H} \\ B' &= \frac{\beta}{\alpha}, & \Gamma &= \frac{\gamma}{\alpha}, & \tilde{G} &= G' - \frac{1}{\tilde{A}^2(1 - x_{H_R})(U + M_H^{-1/3})} \end{aligned}$$

$$C_H = (4\pi)^{2/3} \alpha^{4/3} P_N^{2/3} \quad (1.63)$$

$$H_R = H/(H_A + H) \quad (1.64)$$

$$P_N = N^3 H^4 / Q_B g \quad (1.65)$$

$$M_H = Q_B g / 4\pi \alpha^3 H u_s^3 \quad (1.66)$$

H_A [m] គឺជាកម្ពស់ក្បាលទឹកនៅរយៈសំពាធបរិយាកាស។ P_N និង M_H គឺជាចំនួនគ្មានខ្នាតដែលស្តែងពីទំនាក់ទំនងរវាងការបញ្ចូលខ្យល់ និងប្រវែងនៃ stratification និងបរិមាណនៃពពុះ។ N គឺជាប្រេកង់នៃដំណេកអាកស៊ីម៉ែត។ H [m] គឺជាជម្រៅទឹកសរុប។ Q_B [m³/s] គឺជាបរិមាណមាឌនៃពពុះ(ខ្យល់)។ សមីការពី (1.53) ~ (1.58) ត្រូវបានបង្ហាញជាមួយអថេរមួយចំនួនម្តងទៀតដូចខាងក្រោម៖

សម្រាប់ inner plume

$$\frac{d(A^2u)}{dZ} = B'A(U - V) + \Gamma AV \quad (1.67)$$

$$\frac{d(A^2U^2)}{dZ} = A^2G' + B'AV(U - V) + \Gamma AUV \quad (1.68)$$

$$\frac{d(A^2UG')}{dZ} = -A^2UC_H - B'A(U - V)G'' + \Gamma AV\tilde{G} + \frac{d}{dZ} \left\{ \frac{A^2U}{\tilde{A}^2(1 - x_{H_R})(U + M_H^{-1/3})} \right\} \quad (1.69)$$

សម្រាប់ outer plume

$$\frac{d(S^2V)}{dZ} = -B'A(U - V) - \Gamma AV - B'V \quad (1.70)$$

$$\frac{d(S^2V^2)}{dZ} = -S^2G'' - B'AV(U - V) - \Gamma AUV \quad (1.71)$$

$$\frac{d(S^2VG'')}{dZ} = S^2VC_H - B'A(U - V)G'' + \Gamma AV\tilde{G} \quad (1.72)$$

បន្ទាប់មក ម៉ូដែល plume បូកបញ្ចូលសមីការបន្តបន្ទាប់ដូចជា (1.67) ~ (1.72) ដោយវិធីសាស្ត្រ Runge-Kutta លំដាប់ទី៤ (RK4)។ ដំបូង ម៉ូដែល plume សន្មតលក្ខខណ្ឌដំបូងនៃ inner plume A, AU , និង A^2UG' មានដំណោះស្រាយដូចខាងក្រោម (ដូច Asaeda & Imberger)៖

$$A = Z \left\{ 0.6 + 0.01719M_H^{-1/3}Z^{1/3} - 0.002527M_H^{-2/3}Z^{2/3} + Z(-0.04609 + 0.000031M_H^{-1}) + \dots \right\} \quad (1.73)$$

$$U = Z^{-1/3} \left\{ 1.609 - 0.3195M_H^{-1/3}Z^{1/3} + 0.06693M_H^{-2/3}Z^{2/3} + Z(0.4536 - 0.0105M_H^{-1}) + \dots \right\} \quad (1.74)$$

$$A^2UG' = -ZA^2UC_H + \frac{A^2U}{\tilde{A}^2(1 - ZH_R)(U + M_H^{-1/3})} \quad (1.75)$$

Z គឺជាចម្ងាយគ្មានខ្នាតពីច្រកចេញពពុះនៃឧបករណ៍បញ្ចូលខ្យល់ និងវាត្រូវបានសន្មតថាគឺស្មើនឹងអង្កត់គម្លាតនៃសំណាញ់ឈរដែលប្រើក្នុងម៉ូដែល plume ។ ដូចនេះ ជាមួយនឹងសមីការលក្ខខណ្ឌដំបូង (លើបាតនៃអាងទឹក) (1.73) ~ (1.75), ម៉ូដែល plume បូកបញ្ចូលសមីការ (1.67) ~ (1.69) ឡើងលើរហូតដល់ល្បឿនដំណើរនៃ rising inner plume ក្លាយជា 0 ។

បន្ទាប់មកទៀត ម៉ូដែល plume សន្មតថា inner plume ប្តូរទៅជា sinking outer plume ត្រង់កន្លែងនេះ ហើយក៏ចាប់ផ្តើមគណនា outer plume ។ លក្ខខណ្ឌដំបូងរបស់វា គឺការក្សាមាឌទឹករវាង plumes ទាំងពីរ៖

$$S^2V = A^2U \quad (1.76)$$

បើសិនជា inner plume ដោលដល់ផ្ទៃទឹក វានឹងសាយភាយតាមទិសដេកមុនពេលលិច។ ក្នុងករណីនេះ ធារមាឌទឹកនៃ plume នេះកើនឡើងដោយសារទឹកដែលដោលមក។ ដូច្នេះ តាមរយៈលោក Asaeda & Imberger បរិមាណមាឌទឹកត្រូវតែបូកបញ្ចូលបើសិនជាមានទឹកដាលពីផ្ទៃទឹក៖

$$Q_e = \frac{C_e Q_0^{3/4}}{g N^{-5/4}} \quad (1.77)$$

Q_0 គឺជាបរិមាណខ្យល់ដែលមានហើរចេញទៅបរិយាកាស (ក្នុងសំពាធបរិយាកាស)។ C_e គឺជាចំនួនថេរមួយ (មានតម្លៃប្រហែល ១)។ តម្លៃដើមនៃលំនឹង outer plume គឺ៖

$$S^2V^2 = S^2G''(\tilde{Z} - Z) \quad (1.78)$$

ហើយនេះ គឺជាការដាក់បន្ថែមទៅលើសមីការ (1.71) ដែលម៉ូដែល plume ចាប់ផ្តើមគណនាពីកម្ពស់ Z នៃ outer plume ទៅកម្ពស់ $\tilde{Z}$ នៃ outer plume ។ ទោះជាយ៉ាងនេះក្តី តួទី២ និងទី៣នៅខាងស្តាំនៃសមីការ (1.71) ត្រូវបានសន្មតស្មើសូន្យនៅត្រង់ចំណុចនេះ ពីព្រោះបញ្ចូលទឹកតិចតួចពេលចាប់ផ្តើមលិច។

ជាចុងក្រោយ តម្លៃដើមនៃអាកស៊ីម៉ែតដែលមានទំនាក់ទំនងនឹង outer plume ដែលលេចត្រូវបានសន្មតថា inner plume មិនរាប់បញ្ចូលអ្វីដែលបានពីពពុះ។ ដូច្នេះ វាត្រូវបានគណនាដោយការដករវាងសមីការ (1.72) និង(1.70)៖

$$S^2VG'' = A^2UG' - \frac{A^2U}{\tilde{A}^2(1 - ZH_R)(U + M_H^{-1/3})} \quad (1.79)$$

ជាមួយតម្លៃដើមនេះ ម៉ូដែល plume ឬក៏បញ្ចូលការគណនាពីសមីការ (1.70) ~ (1.72) រហូតដល់អាកស៊ីម៉ែតនៃ outer plume G'' ស្មើសូន្យ។

ម៉ូដែល plume ធ្វើការគណនាបូកបញ្ចូលសមីការ (1.67) ~ (1.72) ម្តងហើយម្តងទៀតរហូតដល់អថេររួមគ្រប់តម្លៃមួយ។ នៅពេលដែល inner plume ប្រែក្លាយជា outer plume មួយ ពពុះបញ្ជូនទឹក និងបង្កើតបានជា inner plume ថ្មីមួយទៀត (ពីព្រោះពពុះមិនរលាយបាត់ទេទាល់តែវាដោលឡើងដល់ផ្ទៃទឹក)។ ដូច្នេះ ម៉ូដែល plume ធ្វើការគណនាសមីការ (1.67) ~ (1.72) សម្រាប់ plume ថ្មីដោយសន្មតថា កម្ពស់នៃចំនុចចាប់ផ្តើមស្ថិតនៅត្រង់រន្ធបញ្ចេញពពុះនៃឧបករណ៍បញ្ចូលខ្យល់។

សេចក្តីណែនាំនៃការគណនាល្បឿនលំហូរទឹក

កាំនៃ plume ដែលបង្កើតឡើងសដោយឧបករណ៍បញ្ចូលខ្យល់មួយមានប្រវែងជាទូទៅយ៉ាងវែងណាស់ 10 m។ ក្នុងករណីច្រើនបំផុត វាតូចជាងខ្នាតប្រវែងក្រឡានៃល្បឿនលំហូរទឹក និងគម្លាតដេកនៃប្លង់សំណាញ់។ ដូចបានបង្ហាញក្នុងរូប Fig. 13, យើងសន្មតថា aeration plume មួយមានរៀងទ្រវែងបញ្ឈរ និងមានទទឹងខ្លី (I)។ ល្បាយនៃធារមាឌទឹកតាមទិសដៅបញ្ឈរត្រូវបានគណនាតាមម៉ូដែល double plume ដូចខាងក្រោម៖

$$Q_{\text{total}}(z) = \pi a^2 u - \pi(b^2 - a^2)v \quad (1.80)$$

ដេរីវេ $dQ_{\text{total}}(z)/dz$ នៃសមីការ (1.78) តាមទិស z គឺកំណើននៃមាឌរបស់ plume ហើយវាជាបរិមាណទឹកលេចចេញ (ហូរ) ក្នុងខ្នាតប្រវែង(1 m) ដោយការបញ្ចូល។ ដូចបានបង្ហាញក្នុងរូប Fig. 13, យើងអាចសន្មត និងស្រមៃថា aeration plume

មួយនៅក្នុងសំណាញ់គណនា គឺជាការចូល និងចេញនៃទឹកនៅត្រង់ជម្រៅមួយ។
ដូច្នេះ តែតិចវ៉ែមបញ្ជូនការគណនារបស់ម៉ូដែល plume ទៅក្នុងការគណនារបស់
ល្បឿនលំហូរទឹកតាមរបៀបដូចខាងក្រោម៖

(1): កំណត់សំណាញ់គណនាមួយដែលមានឧបករណ៍បញ្ចូលខ្យល់។

(2): តំរៀបសំណាញ់គណនាឲ្យប៉ុនគ្នានៅចន្លោះនៃរន្ធបញ្ចេញនៃឧបករណ៍
បញ្ចូលខ្យល់ និងផ្ទៃទឹក។ បន្ទាប់មកទៀត គណនាល្បាយដង់ស៊ីតេ $\rho(z)$ តាម inter-
polations ពីលទ្ធផលដែលបានគណនាហើយនៅជុំវិញសំណាញ់ស្រូវបាន(Soroban)។

(3): គណនា $Q_{total}(z)$ តាមម៉ូដែល double plume ដោយប្រើប្រាស់ $\rho(z)$ ។
បន្ទាប់មកគណនាការចូល/ចេញនៃទឹក $dQ_{totoal}(z)/dz$ ។

(4): តំរៀបការចូល/ចេញនៃទឹក $dQ_{totoal}(z)/dz$ ទៅតាមអ័ក្សសំណាញ់ដែល
នៅជុំវិញ ចម្ងាយពីមួយទៅមួយតាមរយៈមេគុណថ្លឹង។ បន្ទាប់មកទៀត អនុវត្ត
គណនាអំពើនៃការចូល/ចេញនៃទឹកដែលមានទៅលើសំពាធ (ល្បឿន) ដោយសមី
ការក្សាម៉ាសកែតម្រូវ ដូចខាងក្រោម (A និង B ជាចំងាញពី plume ទៅអ័ក្សសំណាញ់
សងខាង (x_i, y_{ij}) និង (x_l, y_{lm}) រៀងគ្នា)៖

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{B}{A+B} \frac{dQ_{totoal}}{dz} \text{ on mesh points of the mesh axis } (x_i, y_{ij})$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{A}{A+B} \frac{dQ_{totoal}}{dz} \text{ on mesh points of the mesh axis } (x_l, y_{lm})$$

(5): ធ្វើឡើងវិញតាមរបៀបខាងលើចំពោះការគណនាបន្ទាប់ (បន្ទាប់ពីការ
គណនា advection រាល់ៗ)។

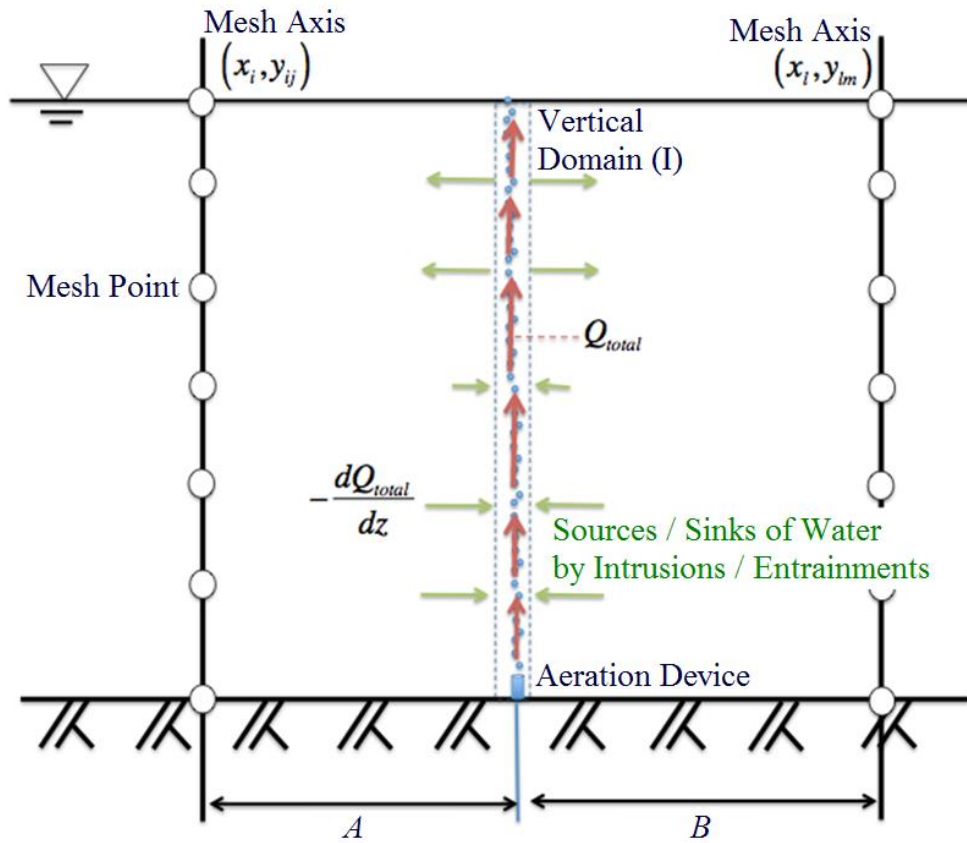


Fig. 13 Assumption of aeration plumes in a computational mesh

^{vi}Asaeda, T. and Imberger, J.: Structure of bubble plumes in linearly stratified environments, *J. Fluid Mech.*, vol.249, (1993), pp.35-57.

រូបមន្តនៃការគណនា

ជំពូកនេះនឹងពន្យល់អំពីរូបមន្តនៃការគណនាដែលប្រើប្រាស់ក្នុងតែតិចវ៉ែម។

ទីតាំងនៃអថេរ

បរិមាណរូបខាងក្រោមត្រូវបានតំរៀបក្នុងលំហរសំណាញ់ស្ទួនដោយការតំរៀបរួមគ្នាមួយ មានដូចជា៖ ល្បឿន u, v, w , សីតុណ្ហភាព T , ភាពប្រៃ s , ដង់ស៊ីតេ ρ , សំពាធប p ថាមពលទែរម៉ូឌីណាមិច k , អត្រាលំហូរដាលនៃទែរម៉ូឌីណាមិច (turbulent dispersion rate) ε , និង ចំនួនស្កាលែរណាមួយ ϕ_{sp} ។ និយាយតាមមួយបែបទៀត គឺមានន័យថា អថេរ $u_{ijk}^n, v_{ijk}^n, w_{ijk}^n, T_{ijk}^n, s_{ijk}^n, \rho_{ijk}^n, p_{ijk}^n, k_{ijk}^n, \varepsilon_{ijk}^n$ និង $(\phi_{sp})_{ijk}^n$ ត្រូវបានដាក់ត្រង់ចំនុចទី k -th នៃអ័ក្សទី j -th ក្នុងប្លង់ទី i -th : (x_i, y_{ij}, z_{ijk}) ។ នៅក្នុងកូតនៃតែតិចវ៉ែម (ដែលបានសរសេរជាភាសា C), បរិមាណរូបក្នុងលំហរទាំងនេះត្រូវបានកំណត់ជាសមាជិកនៃរចនាសម្ព័ន្ធ ValueOnVolume ។ ឧទាហរណ៍៖ យើងអាចទាញយកតម្លៃល្បឿន u តាមទិស x ត្រង់ចំនុច (x_i, y_{ij}, z_{ijk}) តាមរយៈ `uu_p->ff[i][j][k]`។

ម្យ៉ាងវិញទៀត កម្ពស់ទឹក $h(t, x, y)$ និងកម្ពស់បាតទន្លេ $b(x, y)$ ជាអនុគមន៍នៃ x និង y ហើយពួកវាត្រូវបានតំរៀបក្នុងអ័ក្សសំណាញ់ស្ទួន។ ឬក៏និយាយបានថា អថេរ h_{ij}^n និង b_{ij} ត្រូវបានកំណត់ទីតាំងត្រង់អ័ក្សទី j -th នៃប្លង់ទី i -th : (x_i, y_{ij}) ។ នៅក្នុងកូត បរិមាណរូបក្នុងប្លង់ទាំងនេះត្រូវបានកំណត់ជាសមាជិកនៃរចនាសម្ព័ន្ធ ValueOnSurface ។ ឧទាហរណ៍៖ យើងអាចទាញយកតម្លៃកម្ពស់ទឹក h លើអ័ក្ស (x_i, y_{ij}) តាមរយៈ `water_level_p->ff[i][j]`។

តែតិចវ៉ែមគណនា advections តាមរយៈបរិមាណរូបក្នុងលំហរ និង CIP interpolations នៅក្នុងសំណាញ់ស្ទួនក្នុងលំហរ៖ ល្បឿន u, v, w , សីតុណ្ហភាព T , ភាពប្រៃ s ,

ដង់ស៊ីតេ ρ , សំពាធប្រសាទ p , ថាមពលទែរម៉ូឌីណាមិក k , អត្រាភាពងាយនៃទែរម៉ូឌីណាមិក (turbulent dispersion rate) ε , និង ចំនួនស្កាលែរណាមួយ ϕ_{sp} ។ ដូច្នេះ មិនត្រឹមតែបរិមាណរូបទាំងនេះទេ ប៉ុន្តែជម្រាល g_x, g_y , និង g_z របស់ពួកវាតាមទិសដៅ x, y , និង z ត្រូវបានគំរៀប និងគណនាត្រង់ចំណុចនីមួយៗផងដែរ។ នៅក្នុងកូត ជម្រាលទាំងនេះក៏ត្រូវបានកំណត់ជាសមាជិកនៃរចនាសម្ព័ន្ធ ValueOnSurface ។

ដូច្នេះ យើងអាចទាញយកតម្លៃរបស់ពួកវាតាមរយៈ `uu_p->gx[i][j][k]`, `uu_p->gy[i][j][k]`, `uu_p->gz[i][j][k]` ។ល។

ការគណនានៃ CIP Spatial Interpolations ក្នុងសំណាញ់ស្វ័យប្រវត្តិ

តែតិចវ៉ែមប្រើប្រាស់ CIP interpolations ដើម្បីគណនា advection ។ ផ្នែកនេះ និយាយអំពីបែបបទនៃការគណនា CIP interpolations ក្នុងលំហសំណាញ់ស្វ័យប្រវត្តិ។ ត្រង់នេះ បរិមាណរូបធាតុមួយត្រូវបានគណនា(interpolate) និងជម្រាលរបស់វាត្រូវបានកំណត់ដូចនេះ៖ $f(x, y, z)$, $g_x(x, y, z)$, $g_y(x, y, z)$, និង $g_z(x, y, z)$ ។ បរិមាណរូបធាតុនៃ (X_q, Y_q, Z_q) ត្រូវបានគណនាចេញពីចំណុចដែលនៅជុំវិញ។ តែតិចវ៉ែមប្រើប្រាស់ CIP interpolations មួយប្រភេទដែលហៅឈ្មោះថា Type-M CIP ដែលក្នុងនោះ ការគណនាច្រើនដងនៃ CIP interpolations តាមទិស១ក្លាយជាការគណនាក្នុងលំហ 3-dimensional interpolation ដូចខាងក្រោម។

ដូចបានបង្ហាញក្នុងរូប Fig. 14, ប្លង់សំណាញ់ជិតគ្នាមួយគូដែលមានកូអរដោនេ (X_q, Y_q, Z_q) ត្រូវបានរកឃើញដោយវិធីសាស្ត្រ bisectional method ឬ a like។ សន្និសីទ iup និង idn នៃប្លង់សំណាញ់មានទំនាក់ទំនងគ្នាដូចខាងក្រោម៖

$$x_{idn} \leq X_q < x_{iup}, \quad iup = idn + 1 \quad (2.1)$$

ចំណុចដែលបន្ទាត់កាត់តាម (X_q, Y_q, Z_q) ហើយកែងនឹងប្លង់សំណាញ់ទាំង២ត្រូវបានឲ្យឈ្មោះថា A_{iup} និង A_{idn} ហើយ កូអរដោនេរបស់ចំណុចទាំង២នេះ គឺ (x_{iup}, Y_q, Z_q) និង (x_{idn}, Y_q, Z_q) ។

បន្ទាប់មក អ័ក្សសំណាញ់ជិតគ្នាមួយគូដែលមានចំណុច A_{iup} ត្រូវបានរកឃើញក្នុងប្លង់ iup ហើយអ័ក្សទាំង២ត្រូវបានឲ្យឈ្មោះ៖ jup_on_iup និង jup_on_idn ។ ចំណុចដែលបន្ទាត់កាត់តាម A_{iup} ហើយកែងនឹងអ័ក្សសំណាញ់ទាំង២ ត្រូវបានឲ្យឈ្មោះថា B និង C។ បន្ទាប់មកទៀត ២ចំណុចនៃសំណាញ់មួយគូដែលមានចំណុច B និង C ត្រូវបានឲ្យឈ្មោះថា $kup_on_jup_on_iup$, $kdn_on_jup_on_iup$, $kup_on_jdn_on_iup$, and $kdn_on_jdn_on_iup$ ។

ដូច្នេះ បរិមាណរូបធាតុនៃ A_{iup} និងជម្រាលរបស់វា ត្រូវបានគណនាចេញពី ៤ចំណុចក្នុងប្លង់ខាងលើដោយប្រើ CIP interpolations តាម១ទិស(1-dimensional)។ បរិមាណរូបធាតុនៃ B និងជម្រាល f^B និង g_z^B របស់វាតាមទិសបញ្ឈរត្រូវបាន គណនាដោយ CIP interpolations តាមទិសបញ្ឈរចេញពី $kup_on_jdn_on_iup$ និង $kdn_on_jdn_on_iup$ ។ ជម្រាលរូបធាតុដទៃទៀត g_x^B និង g_y^B នៃ B ត្រូវបានគណនា ដោយ linear interpolations ចេញពី $kup_on_jdn_on_iup$ និង $kdn_on_jdn_on_iup$ ។ តាមរបៀបដូចគ្នានេះ បរិមាណរូបធាតុនៃ C និងជម្រាលរបស់វា(f^C, g_x^C, g_y^C, g_z^C) ត្រូវ បានគណនាដោយ CIP និង linear interpolations ក្នុងចន្លោះ $kup_on_jup_on_iup$, និង $kdn_on_jup_on_iup$ ។ បន្ទាប់មកទៀត បរិមាណរូបធាតុ f^{Aiup} និងជម្រាល g_y^{Aiup} របស់វាតាមទិសដៅ y ត្រូវបានគណនាដោយ CIP interpolations តាមទិស y និងជម្រាលរូបធាតុដទៃទៀត g_x^{Aiup} និង g_z^{Aiup} ត្រូវបានគណនាដោយ linear interpo-
lations ។

តាមរបៀបដូចគ្នានេះ បរិមាណរូបធាតុនៃ A_{idn} និងជម្រាលរបស់វា ($f^{Aidn}, g_x^{Aidn}, g_y^{Aidn}, g_z^{Aidn}$) ត្រូវបានគណនាក្នុងប្លង់ idn ។ ជាចុងបញ្ចប់ បរិមាណរូប ធាតុនៃ (X_q, Y_q, Z_q) ត្រូវបានគណនាដោយ CIP interpolations តាមទិសដៅ x រវាង A_{iup} និង A_{idn} ។

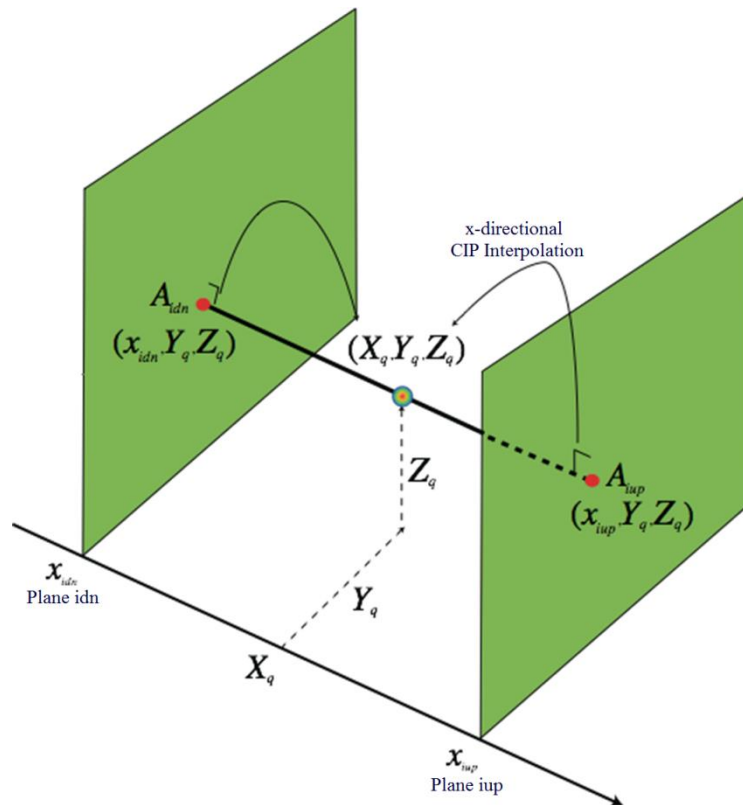


Fig. 14 CIP interpolation between mesh planes

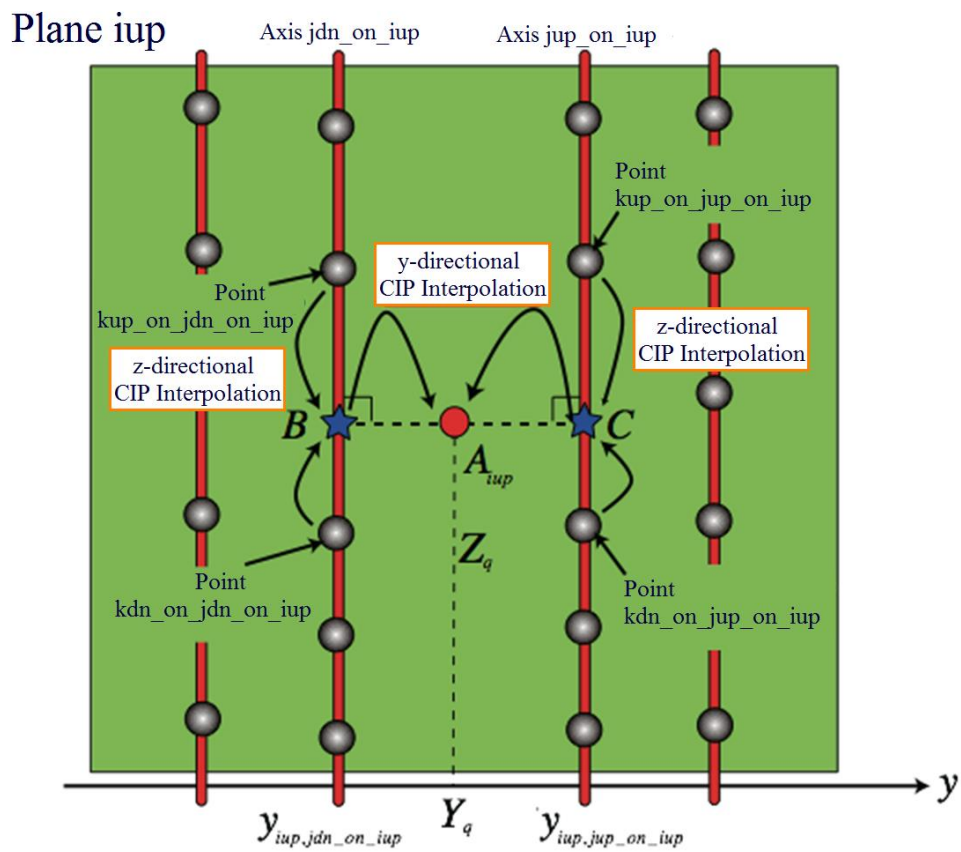


Fig. 15 CIP interpolations in a mesh plane

ការប៉ាន់ប្រមាណ Spatial Difference ក្នុងសំណាញ់ស្បូន

ការគណនា diffusions, turbulent source ជាដើមត្រូវបានធ្វើឡើងក្នុងលំហរ សំណាញ់ស្បូនដោយប្រើវិធីសាស្ត្រ finite difference approximations ។ ផ្នែកនេះ និយាយអំពី ការគណនាដេរីវេនៃសមីការ finite difference approximation ក្នុង សំណាញ់ស្បូន។ ត្រង់នេះ ជម្រាលត្រង់ចំណុចទី k -th នៃអ័ក្សទី j -th ក្នុងប្លង់ សំណាញ់ទី i -th ៖ ចំណុច (i, j, k) -th ត្រូវបានគណនា។

Spatial differences តាមទិស x

ដូចបានបង្ហាញក្នុងរូប **Fig. 16**, ប្លង់ដែលជា $+x$ -side ឬ $-x$ -side បន្ទាប់ពីប្លង់ i ត្រូវមានសន្ទស្សន៍ $iup = i + 1$ ឬ $idn = i - 1$ ។ ចំណុចដែលមានបន្ទាត់កាត់តាមចំណុច ទី (i, j, k) -th ហើយកាត់កែងនឹងប្លង់ជុំវិញត្រូវបានឲ្យឈ្មោះថា A_{iup} និង A_{idn} ហើយ មានកូអរដោនេ $(x_{iup}, y_{ij}, z_{ijk})$ និង $(x_{idn}, y_{ij}, z_{ijk})$ ។ បន្ទាប់មក spatial difference នៃ បរិមាណរូបធាតុ f ត្រង់ចំណុច (i, j, k) -th ត្រូវបានគណនាជាមួយ A_{iup} A_{idn} $f^{A_{iup}}$ និង $f^{A_{idn}}$ តាមទិស x ដូចខាងក្រោម៖

$$\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)_{ijk} = \frac{f^{A_{iup}} - f^{A_{idn}}}{x_{iup} - x_{idn}} \quad (2.2)$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}\right)_{ijk} &= \frac{f^{A_{iup}}}{(x_{iup} - x_i)(x_{iup} - x_{idn})/2} \\ &- \left(\frac{1}{(x_{iup} - x_i)(x_{iup} - x_{idn})/2} + \frac{1}{(x_i - x_{idn})(x_{iup} - x_{idn})/2} \right) f_{ijk} \\ &+ \frac{f^{A_{idn}}}{(x_i - x_{idn})(x_{iup} - x_{idn})/2} \end{aligned} \quad (2.3)$$

$f^{A_{iup}}$ និង $f^{A_{idn}}$ ត្រូវបានគណនាដោយ liner interpolations នៅលើប្លង់ iup និង idn ។ ឧទាហរណ៍ $f^{A_{iup}}$ ត្រូវបានគណនាដោយ liner interpolations តាមទិស y ជាមួយបរិមាណរូបនៃ B និង C: f^B និង f^C ដូចខាងក្រោម៖

$$f^{A_{iup}} = (1 - \alpha_{iup})f^B + \alpha_{iup}f^C \quad (2.4)$$

$$\alpha_{iup} = \frac{y_{ij} - y_{iup,jdn_on_iup}}{y_{iup,jup_on_iup} - y_{iup,jdn_on_iup}} \quad (2.5)$$

ដូចបានបង្ហាញក្នុងរូប **Fig. 17**, f^B និង f^C ត្រូវបានគណនាដោយ liner interpolations តាមទិស z នៅលើអ័ក្សដែល B និង C , jdn_on_iup និង jup_on_iup ត្រូវបានកំណត់ដូចខាងក្រោម៖

$$f^B = \left(1 - \beta_{jdn_on_iup}\right) f_{iup,jdn_on_iup,kdn_on_jdn_on_iup} + \beta_{jdn_on_iup} f_{iup,jdn_on_iup,kup_on_jdn_on_iup} \quad (2.6)$$

$$\beta_{jdn_on_iup} = \frac{z_{ijk} - z_{iup,jdn_on_iup,kdn_on_jdn_on_iup}}{z_{iup,jdn_on_iup,kup_on_jdn_on_iup} - z_{iup,jdn_on_iup,kdn_on_jdn_on_iup}} \quad (2.7)$$

$$f^C = \left(1 - \beta_{jup_on_iup}\right) f_{iup,jup_on_iup,kdn_on_jup_on_iup} + \beta_{jup_on_iup} f_{iup,jup_on_iup,kup_on_jup_on_iup} \quad (2.8)$$

$$\beta_{jup_on_iup} = \frac{z_{ijk} - z_{iup,jup_on_iup,kdn_on_jup_on_iup}}{z_{iup,jup_on_iup,kup_on_jup_on_iup} - z_{iup,jup_on_iup,kdn_on_jup_on_iup}} \quad (2.9)$$

បន្ទាប់មក f^{Aiup} ត្រូវបានគណនាដោយជំនួស (2.6) ~ (2.9) ក្នុង (2.4) ដូចខាងក្រោម៖

$$f^{Aiup} = (1 - \alpha_{iup}) \left(1 - \beta_{jdn_on_iup}\right) f_{iup,jdn_on_iup,kdn_on_jdn_on_iup} + (1 - \alpha_{iup}) \beta_{jdn_on_iup} f_{iup,jdn_on_iup,kup_on_jdn_on_iup} + \alpha_{iup} \left(1 - \beta_{jup_on_iup}\right) f_{iup,jup_on_iup,kdn_on_jup_on_iup} + \alpha_{iup} \beta_{jup_on_iup} f_{iup,jup_on_iup,kup_on_jup_on_iup} \quad (2.10)$$

របៀបដូចគ្នាដែរ f^{Aidn} ត្រូវបានគណនាដោយ liner interpolations នៅលើប្លង់ idn ដូចខាងក្រោម៖

$$f^{Aidn} = (1 - \alpha_{idn}) \left(1 - \beta_{jdn_on_idn}\right) f_{idn,jdn_on_idn,kdn_on_jdn_on_idn} + (1 - \alpha_{idn}) \beta_{jdn_on_idn} f_{idn,jdn_on_idn,kup_on_jdn_on_idn} + \alpha_{idn} \left(1 - \beta_{jup_on_idn}\right) f_{idn,jup_on_idn,kdn_on_jup_on_idn} + \alpha_{idn} \beta_{jup_on_idn} f_{idn,jup_on_idn,kup_on_jup_on_idn} \quad (2.11)$$

$$\alpha_{idn} = \frac{y_{ij} - y_{idn,jdn_on_iup}}{y_{idn,jup_on_idn} - y_{idn,jdn_on_idn}}$$

$$\beta_{jdn_on_idn} = \frac{z_{ijk} - z_{idn,jdn_on_idn,kdn_on_jdn_on_idn}}{z_{idn,jdn_on_idn,kup_on_jdn_on_idn} - z_{idn,jdn_on_idn,kdn_on_jdn_on_idn}}$$

$$\beta_{jup_on_idn} = \frac{Z_{ijk} - Z_{idn,jup_on_idn,kdn_on_jup_on_idn}}{Z_{idn,jup_on_idn,kup_on_jup_on_idn} - Z_{idn,jup_on_idn,kdn_on_jup_on_idn}}$$

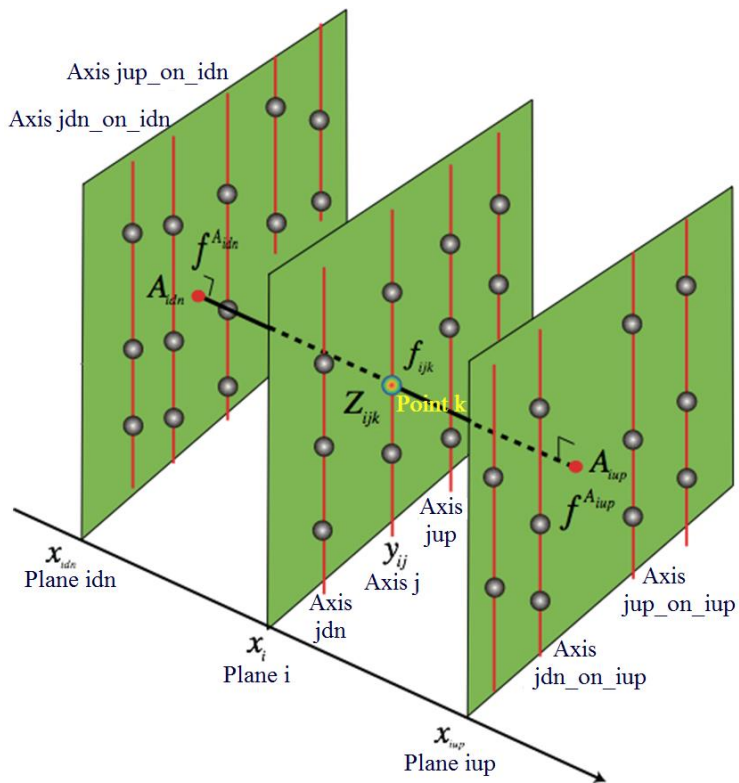


Fig. 16 x-directional differences between mesh planes

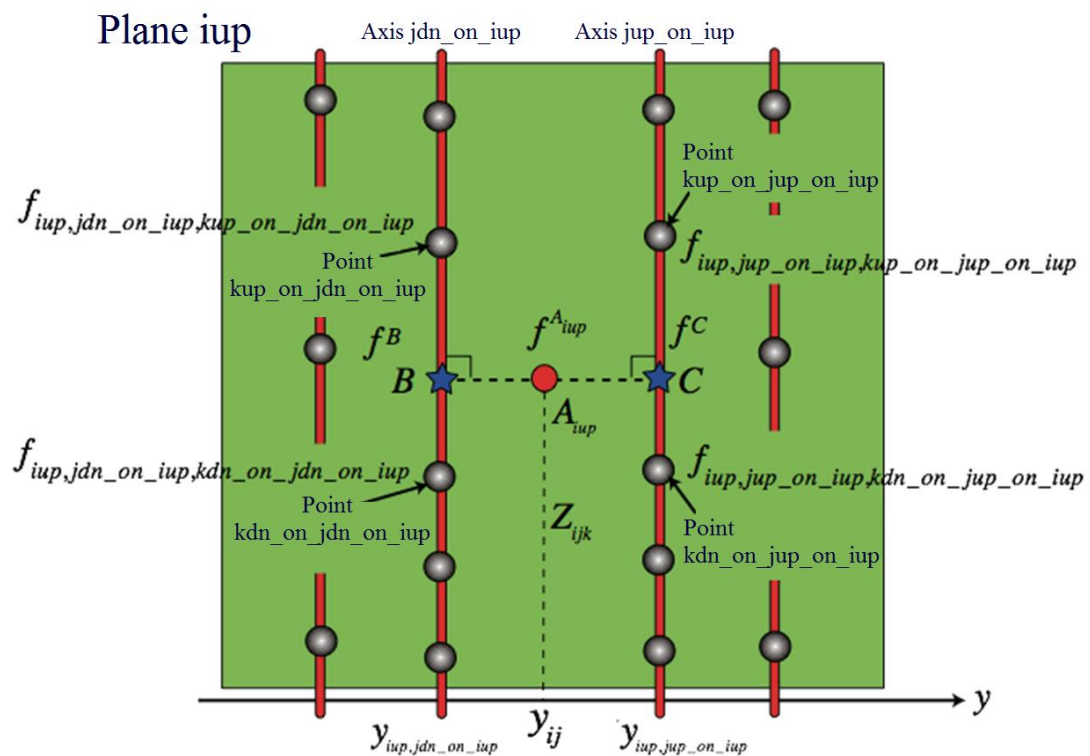


Fig. 17 x-directional differences between mesh points

Spatial differences តាមទិស y

ដូចបានបង្ហាញក្នុងរូប Fig. 18, នៅលើប្លង់ទី i -th អ័ក្សដែលជា $+y$ -side ឬ $-y$ -side បន្ទាប់ពីអ័ក្ស j ត្រូវមានសន្ទស្សន៍ $jup = j + 1$ ឬ $jdn = j - 1$ ។ ចំនុចដែលមានបន្ទាត់កាត់តាមចំនុចទី (i, j, k) -th ហើយកាត់កែងនឹងអ័ក្សជុំវិញត្រូវបានឲ្យឈ្មោះថា A_{jup} និង A_{jdn} ហើយមានកូអរដោនេ (x_i, y_{jup}, z_{ijk}) និង (x_i, y_{jdn}, z_{ijk}) ។ បន្ទាប់មក spatial difference នៃបរិមាណរូបធាតុ f ត្រង់ចំនុច (i, j, k) -th ត្រូវបានគណនាជាមួយ A_{jup} , A_{jdn} , $f^{A_{jup}}$ និង $f^{A_{jdn}}$ តាមទិស y ដូចខាងក្រោម៖

$$\left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)_{ijk} = \frac{f^{A_{jup}} - f^{A_{jdn}}}{y_{i,jup} - y_{i,jdn}} \quad (2.12)$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{\partial^2 f}{\partial y^2}\right)_{ijk} = & \frac{f^{A_{jup}}}{(y_{i,jup} - y_{i,j})(y_{i,jup} - y_{i,jdn})/2} \\ & - \left(\frac{1}{(y_{i,jup} - y_{i,j})(y_{i,jup} - y_{i,jdn})/2} + \frac{1}{(y_{i,j} - y_{i,jdn})(y_{i,jup} - y_{i,jdn})/2} \right) f_{ijk} \\ & + \frac{f^{A_{jdn}}}{(y_{i,j} - y_{i,jdn})(y_{i,jup} - y_{i,jdn})/2} \end{aligned} \quad (2.13)$$

$f^{A_{jup}}$ និង $f^{A_{jdn}}$ ត្រូវបានគណនាដោយ linear interpolations លើអ័ក្ស jup និង jdn ៖

$$f^{A_{jdn}} = (1 - \alpha_{jdn})f_{i,jdn,kdn_on_jdn} + \alpha_{jdn}f_{i,jdn,kup_on_jdn} \quad (2.14)$$

$$\alpha_{jdn} = \frac{z_{ijk} - z_{i,jdn,kdn_on_jdn}}{z_{i,jdn,kup_on_jdn} - z_{i,jdn,kdn_on_jdn}} \quad (2.15)$$

$$f^{A_{jup}} = (1 - \alpha_{jup})f_{i,jup,kdn_on_jup} + \alpha_{jup}f_{i,jup,kup_on_jup} \quad (2.16)$$

$$\alpha_{jup} = \frac{z_{ijk} - z_{i,jup,kdn_on_jup}}{z_{i,jup,kup_on_jup} - z_{i,jup,kdn_on_jup}} \quad (2.17)$$

Spatial differences តាមទិស z

នៅលើអ័ក្សទី j -th ប្លង់ទី i -th ចំនុចដែលជាមាន $+z$ -side ឬ $-z$ -side បន្ទាប់ពីចំនុច k ត្រូវមានសន្ទស្សន៍ $kup = k + 1$ ឬ $kdn = k - 1$ ។ រាល់អ័ក្សដែលស្របនឹង

ទិសដៅបញ្ឈរ spatial difference នៃបរិមាណរូបធាតុ f ត្រង់ចំណុច (i, j, k) -th ត្រូវបានគណនាតាមទិស z ដូចខាងក្រោម៖

$$\left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)_{ijk} = \frac{f_{i,j,kup} - f_{i,j,kdn}}{z_{i,j,kup} - z_{i,j,kdn}} \quad (2.18)$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{\partial^2 f}{\partial z^2}\right)_{ijk} = & \frac{f_{i,j,kup}}{(z_{i,j,kup} - z_{i,j,k})(z_{i,j,kup} - z_{i,j,kdn})/2} \\ & - \left(\frac{1}{(z_{i,j,kup} - z_{i,j,k})(z_{i,j,kup} - z_{i,j,kdn})/2} \right. \\ & \quad \left. + \frac{1}{(z_{i,j,k} - z_{i,j,kdn})(z_{i,j,kup} - z_{i,j,kdn})/2} \right) f_{ijk} \\ & + \frac{f_{i,j,kdn}}{(z_{i,j,k} - z_{i,j,kdn})(z_{i,j,kup} - z_{i,j,kdn})/2} \end{aligned} \quad (2.19)$$

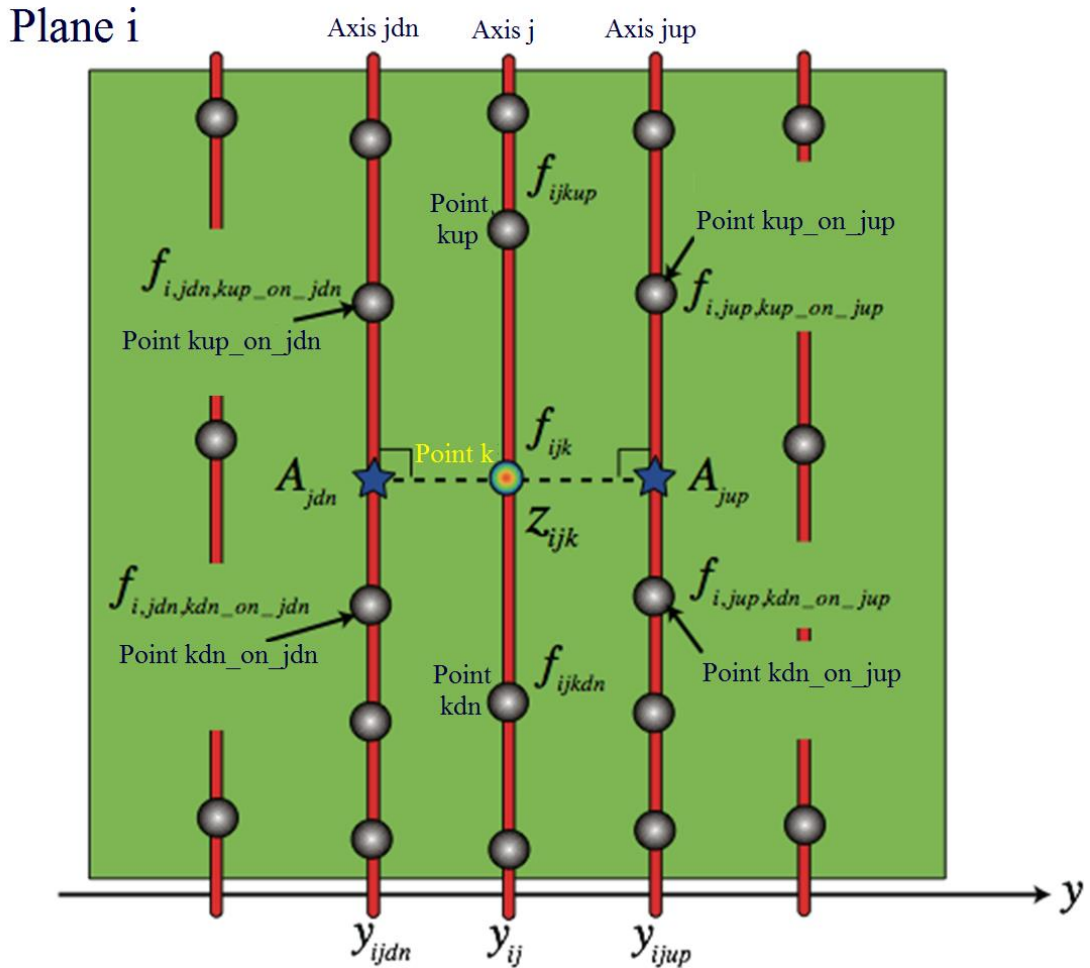


Fig. 18 y-directional differences between mesh points

លំដាប់លំដោយនៃការគណនា

វិធីសាស្ត្រ Time Splitting

តែតិចវ៉ែមផ្អែកលើវិធីសាស្ត្រ Time Splitting។ វាបំបែក (splits) សមីការគ្រឹះទៅជាដំណាក់កាលមួយចំនួន ហើយគណនាម្តងមួយដំណាក់កាលៗ តាមការវិវត្តនៃពេល។ សមីការគ្រឹះនៃតែតិចវ៉ែមមានដូចខាងក្រោម៖

$$\frac{Du}{Dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} - \frac{2}{3} \frac{\partial k}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\nu_{\text{lic}_M} \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\nu_{\text{lic}_M} \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu_{\text{eff}} \frac{\partial u}{\partial z} \right) + \frac{uv}{R} + f_{\text{co}} v + \frac{\tau_x}{\rho} \quad (2.20)$$

$$\frac{Dv}{Dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} - \frac{2}{3} \frac{\partial k}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\nu_{\text{lic}_M} \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\nu_{\text{lic}_M} \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu_{\text{eff}} \frac{\partial v}{\partial z} \right) + \frac{u^2}{R} + f_{\text{co}} u + \frac{\tau_y}{\rho} \quad (2.21)$$

$$\frac{Dw}{Dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - \frac{2}{3} \frac{\partial k}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\nu_{\text{lic}_M} \frac{\partial w}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\nu_{\text{lic}_M} \frac{\partial w}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu_{\text{eff}} \frac{\partial w}{\partial z} \right) + \frac{\tau_z}{\rho} - g \quad (2.22)$$

$$\frac{Dk}{Dt} = P_k - \varepsilon + G_k + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\nu_{\text{lic}}}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\nu_{\text{lic}}}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\nu_{\text{eff}}}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial z} \right) \quad (2.23)$$

$$\frac{D\varepsilon}{Dt} = (C_1 P_k - C_2 \varepsilon) \frac{\varepsilon}{k} + C_1 (1 - C_3) \frac{\varepsilon}{k} G_k + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\nu_{\text{lic}}}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\nu_{\text{lic}}}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\nu_{\text{eff}}}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} \right) \quad (2.24)$$

$$\frac{Ds}{Dt} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\nu_{\text{lic}}}{\sigma_t} \frac{\partial s}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\nu_{\text{lic}}}{\sigma_t} \frac{\partial s}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\nu_{\text{eff}}}{\sigma_t} \frac{\partial s}{\partial z} \right) \quad (2.25)$$

$$\frac{DT}{Dt} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\nu_{\text{lic}}}{\sigma_t} \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\nu_{\text{lic}}}{\sigma_t} \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\nu_{\text{eff}}}{\sigma_t} \frac{\partial T}{\partial z} \right) + S_T \quad (2.26)$$

$$\frac{D\phi_{\text{sp}}}{Dt} = w_{\text{settlement}} \frac{\partial \phi_{\text{sp}}}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\nu_{\text{lic}}}{\sigma_{\phi_{\text{sp}}}} \frac{\partial \phi_{\text{sp}}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\nu_{\text{lic}}}{\sigma_{\phi_{\text{sp}}}} \frac{\partial \phi_{\text{sp}}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\nu_{\text{lic}}}{\sigma_{\phi_{\text{sp}}}} \frac{\partial \phi_{\text{sp}}}{\partial z} \right) + S_{\phi_{\text{sp}}} \quad (2.27)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial m}{\partial x} + \frac{\partial n}{\partial y} = 0 \quad (2.28)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = \begin{cases} 0 & \text{without aeration} \\ -\frac{dQ_{\text{total}}}{dz} & \text{with aeration} \end{cases} \quad (2.29)$$

$$\rho(t, x, y, z) = \rho(s, T, \phi_{\text{sp}})$$

$$\frac{D}{Dt} = \frac{\partial}{\partial t} + u \frac{\partial}{\partial x} + v \frac{\partial}{\partial y} + w \frac{\partial}{\partial z}$$

Fig. 19 បង្ហាញពីលំដាប់លំដោយនៃការគណនារបស់តែតិចវ៉ែម។ ពិតមានខាងក្រោមស្តីអំពីលំដាប់នីមួយៗ។

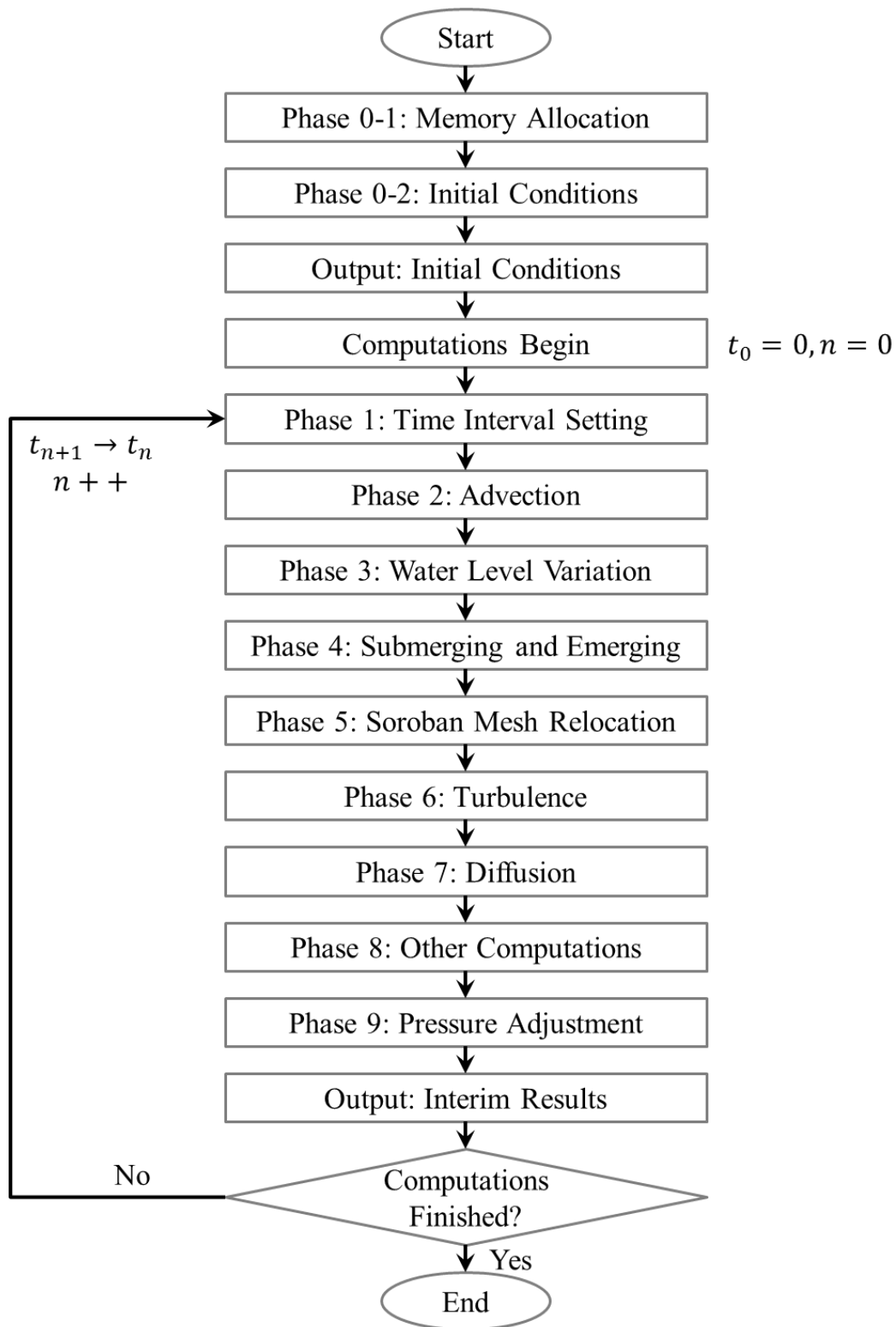


Fig. 19 Computational flow of TITech-WARM

ដំណាក់ 0-1៖ ការបម្រុងទុកអង្គចងចាំ

អថេរដែលនឹងត្រូវប្រើប្រាស់ក្នុងការគណនា ត្រូវបានបម្រុងទុកក្នុងអង្គចងចាំនៃកុំព្យូទ័រ។ ចំនាប់ផ្ដើមនៃបណ្ដុំទិន្នន័យ MPI ក៏ត្រូវបានធ្វើឡើងត្រង់នេះ។ ដំណាក់នេះត្រូវបានដាក់ឲ្យដំណើរការដោយមុខងារ `memory_allocation_phase`។

ដំណាក់ 0-2៖ ការរៀបចំរចនាសម្ព័ន្ធនៃតម្លៃលក្ខខណ្ឌដើម

ឯកសារទិន្នន័យនៃឋានលេខាត្រូវបានអានដើម្បីរៀបចំរចនាសម្ព័ន្ធនៃសំណាញ់ស្វ័យបាន។ ការតំរៀបនៃអនុប្រព័ន្ធ (សម្រាប់ការគណនាដំណាលគ្នា) និងតម្លៃលក្ខខណ្ឌដើមនៃអថេរត្រូវបានធ្វើឡើងក្នុងដំណាក់នេះ។ ដំណាក់នេះត្រូវបានដាក់ឲ្យដំណើរការដោយមុខងារ `initial_condition_phase` ។ (អានអំពីសេចក្ដីលម្អិតរបៀបនៃការដាក់ឲ្យដំណើរការនេះនៅទំព័រទី១១៨)

ដំណាក់ 1៖ ការកំណត់គម្លាតពេល

គម្លាតពេលសម្រាប់ការគណនាពីមួយជំហានទៅជំហានគណនាមួយទៀត ត្រូវបានកំណត់ដោយលក្ខខណ្ឌ CFL ។ល។ ចូរមើលមុខងារ `time_control` ដើម្បីយល់ពីបែបបទនៃការកំណត់។

ដំណាក់ 2៖ ការគណនា Advection

ផ្នែកខាងឆ្វេងនៃសមីការ (2.20) ~ (2.27) ស៊ីគ្នាទៅនឹងសមីការ (2.30) ~ (2.37) ដូចខាងក្រោម។ ពួកវាត្រូវបានដោះស្រាយជាមួយតម្លៃនៅ t_n សម្រាប់ល្បឿន u, v, w , សីតុណ្ហភាពទឹក T , ភាពប្រៃ s , ដង់ស៊ីតេ ρ , សំពាធប្រសាទ p , ថាមពលទែរម៉ូឌីណាមិក k , អត្រាពាលដាលនៃទែរម៉ូឌីណាមិកឡង់ (turbulent dispersion rate) ε , និង

ចំនួនស្កាលែរណាមួយ ϕ_{sp} ដើម្បីបានតម្លៃរូបទាំងនេះបន្ទាប់ពី advections: u^{adv} , v^{adv} , w^{adv} , T^{adv} , s^{adv} , k^{adv} , ε^{adv} , and $(\phi_{sp})^{adv}$ ។

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u^n \frac{\partial u}{\partial x} + v^n \frac{\partial u}{\partial y} + w^n \frac{\partial u}{\partial z} = 0 \quad (2.30)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u^n \frac{\partial v}{\partial x} + v^n \frac{\partial v}{\partial y} + w^n \frac{\partial v}{\partial z} = 0 \quad (2.31)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u^n \frac{\partial w}{\partial x} + v^n \frac{\partial w}{\partial y} + w^n \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (2.32)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u^n \frac{\partial T}{\partial x} + v^n \frac{\partial T}{\partial y} + w^n \frac{\partial T}{\partial z} = 0 \quad (2.33)$$

$$\frac{\partial s}{\partial t} + u^n \frac{\partial s}{\partial x} + v^n \frac{\partial s}{\partial y} + w^n \frac{\partial s}{\partial z} = 0 \quad (2.34)$$

$$\frac{\partial k}{\partial t} + u^n \frac{\partial k}{\partial x} + v^n \frac{\partial k}{\partial y} + w^n \frac{\partial k}{\partial z} = 0 \quad (2.35)$$

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + u^n \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} + v^n \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} + w^n \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} = 0 \quad (2.36)$$

$$\frac{\partial \phi_{sp}}{\partial t} + u^n \frac{\partial \phi_{sp}}{\partial x} + v^n \frac{\partial \phi_{sp}}{\partial y} + w^n \frac{\partial \phi_{sp}}{\partial z} = 0 \quad (2.37)$$

មូលដ្ឋានដំណោះស្រាយតាមបែបទ្រឹស្តីនៃសមីការ advection ត្រូវបានបង្ហាញ

ដូចខាងក្រោម៖

$$u_{ijk}^{adv} = u(t_n + \Delta t, x_i, y_{ij}, z_{ijk}) = u(t_n, x_i - u_{ijk}^n \Delta t, y_{ij} - v_{ijk}^n \Delta t, z_{ijk} - w_{ijk}^n \Delta t) \quad (2.38)$$

$$v_{ijk}^{adv} = v(t_n + \Delta t, x_i, y_{ij}, z_{ijk}) = v(t_n, x_i - u_{ijk}^n \Delta t, y_{ij} - v_{ijk}^n \Delta t, z_{ijk} - w_{ijk}^n \Delta t) \quad (2.39)$$

$$w_{ijk}^{adv} = w(t_n + \Delta t, x_i, y_{ij}, z_{ijk}) = w(t_n, x_i - u_{ijk}^n \Delta t, y_{ij} - v_{ijk}^n \Delta t, z_{ijk} - w_{ijk}^n \Delta t) \quad (2.40)$$

$$s_{ijk}^{adv} = s(t_n + \Delta t, x_i, y_{ij}, z_{ijk}) = s(t_n, x_i - u_{ijk}^n \Delta t, y_{ij} - v_{ijk}^n \Delta t, z_{ijk} - w_{ijk}^n \Delta t) \quad (2.41)$$

$$T_{ijk}^{adv} = T(t_n + \Delta t, x_i, y_{ij}, z_{ijk}) = T(t_n, x_i - u_{ijk}^n \Delta t, y_{ij} - v_{ijk}^n \Delta t, z_{ijk} - w_{ijk}^n \Delta t) \quad (2.42)$$

$$k_{ijk}^{adv} = k(t_n + \Delta t, x_i, y_{ij}, z_{ijk}) = k(t_n, x_i - u_{ijk}^n \Delta t, y_{ij} - v_{ijk}^n \Delta t, z_{ijk} - w_{ijk}^n \Delta t) \quad (2.43)$$

$$\varepsilon_{ijk}^{adv} = \varepsilon(t_n + \Delta t, x_i, y_{ij}, z_{ijk}) = \varepsilon(t_n, x_i - u_{ijk}^n \Delta t, y_{ij} - v_{ijk}^n \Delta t, z_{ijk} - w_{ijk}^n \Delta t) \quad (2.44)$$

$$\begin{aligned} (\phi_{sp})_{ijk}^{adv} &= \phi_{sp}(t_n + \Delta t, x_i, y_{ij}, z_{ijk}) \\ &= \phi_{sp}\left(t_n, x_i - (u_{sp})_{ijk}^n \Delta t, y_{ij} - (v_{sp})_{ijk}^n \Delta t, z_{ijk} - (w_{sp})_{ijk}^n \Delta t\right) \end{aligned} \quad (2.45)$$

ដូច្នេះ សមីការ (2.30) ~ (2.37) ត្រូវបានដោះស្រាយដោយគណនាផ្នែកខាងស្តាំនៃសមីការ (2.38) ~ (2.45) ត្រង់ advection origin: $(t_n, x_i - u_{ijk}^n \Delta t, y_{ij} - v_{ijk}^n \Delta t, z_{ijk} - w_{ijk}^n \Delta t)$ ជាមួយ CIP interpolations ។ ដំណាក់នេះត្រូវបានដាក់ឱ្យដំណើរការដោយមុខងារ advection_phase ។

ដំណាក់ 3៖ ការគណនា Advection របស់បម្រែបម្រួលកម្ពស់ទឹក

បម្រែបម្រួលកម្ពស់ទឹកត្រូវបានគណនា។ សមីការគ្រឹះរបស់វាត្រូវបានគណនាដូចខាងក្រោមសដោយប្រើប្រាស់ធារទឹកក្នុង១ខ្នាតទី៖

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial m}{\partial x} + \frac{\partial n}{\partial y} = 0 \quad (2.46)$$

$$m(t, x, y) \equiv \int_{b(x,y)}^{h(t_n,x,y)} u^{\text{other}} dz \quad (2.47)$$

$$n(t, x, y) \equiv \int_{b(x,y)}^{h(t_n,x,y)} v^{\text{other}} dz \quad (2.48)$$

កម្ពស់ទឹកនៅរយៈពេលនៃការគណនាបន្ទាប់ (t_{n+1}) : $h_{ij}^{n+1} = h(t_{n+1}, x_i, y_{ij})$ ត្រូវបានគណនាដោយដោះស្រាយសមីការ (2.46)។ ទីនេះ ដំណោះស្រាយ implicit ត្រូវបានប្រើដើម្បីដោះស្រាយ ពីព្រោះល្បឿននៃលក់ទឹកជាទូទៅលឿនជាងល្បឿនទឹក u, v , និង w ។ ដំណាក់នេះត្រូវបានដាក់ឱ្យដំណើរការដោយមុខងារ water_propagation_phase ។ អានមុខងារ water_surface_propagation អំពីសេចក្តីលម្អិតនៃដំណោះស្រាយ។

ដំណាក់ 4៖ ការស្វែងរកអ័ក្សលិចទឹក (Submerged / Emerged Mesh Axes)

ទោះជាអ័ក្សសំណាញ់ស្ថិតនៅក្នុងទឹក ឬមិនក៏ដោយ (ឧ. តំបន់ដី) វាត្រូវបានកំណត់ដោយប្រៀបធៀបជាមួយកម្ពស់ទឹកនៃដំហានបន្ទាប់ $h_{ij}^{n+1} = h(t_{n+1}, x_i, y_{ij})$

។ ដំណាក់នេះត្រូវបានដាក់ឱ្យដំណើរការដោយមុខងារ sub-merge_and_emerge_phase។ អានមុខងារ update_land_mask អំពីសេចក្តីលម្អិតនៃដំណោះស្រាយ។

បើសិនអ័ក្សសំណាញ់ត្រូវបានកំណត់ស្ថិតនៅលើតំបន់ដី បម្រែបម្រួលតាមពេលនៃបរិមាណរូប (ឧ. ល្បឿន ។ល។) មិនត្រូវបានគណនាទេ។ ដូចបានបង្ហាញក្នុងរូប Fig. 20 តំបន់ដីត្រូវបានបែងចែកដោយមុខងារ $land_mask_{ij}^n = land_mask(t_n, x_i, y_{ij})$ ។ បើសិនអ័ក្សសំណាញ់មួយស្ថិតនៅលើតំបន់ដី វាក្លាយជា $land_mask_{ij}^n = 1$ បើមិនអញ្ចឹងទេ វាក្លាយជា $land_mask_{ij}^n = 0$ (ជាជាក់លាក់តម្លៃរបស់វាត្រូវបានស្តុកក្នុង array grid_p->land_mask[i][j])។

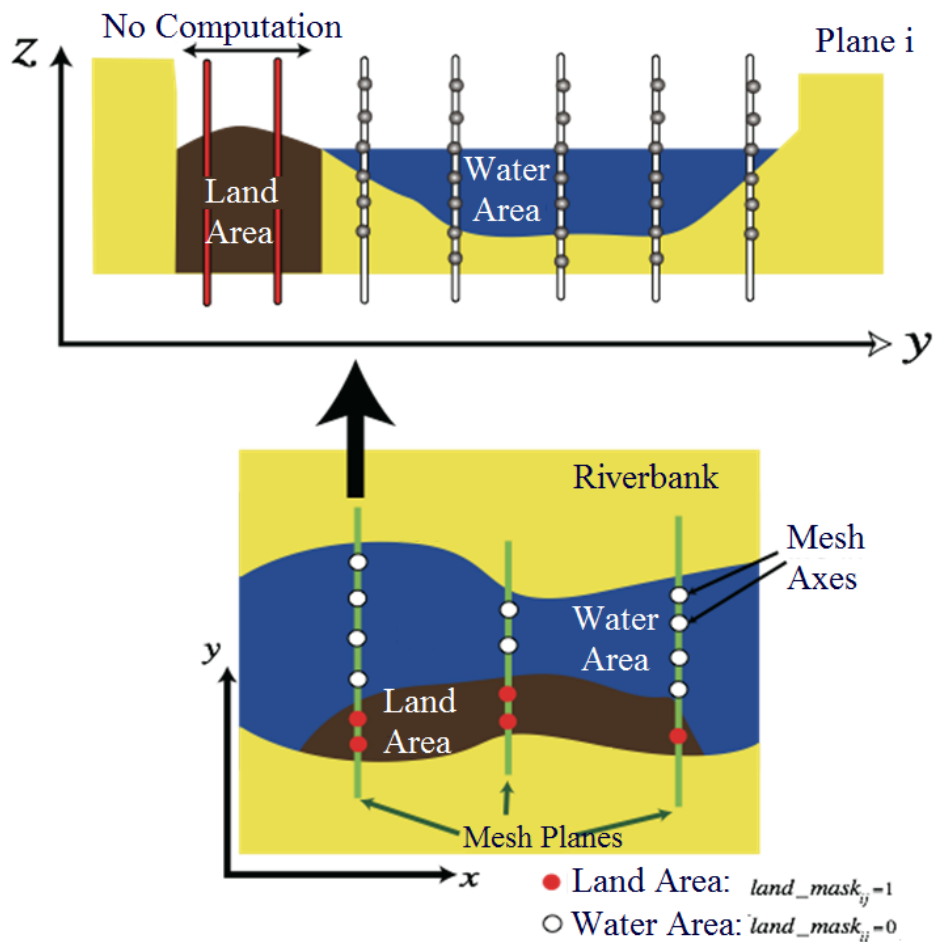


Fig. 20 Land area masking

បម្រែបម្រួលដែនរវាងទឹកនិងតំបន់ដីត្រូវបានលៃលកដូចខាងក្រោម៖

ការផុសចេញមានឡើង (ពីតំបន់ទឹកទៅតំបន់ដី)

នៅពេលដែលកម្ពស់ទឹក $d = h_{ij}^{n+1} - b_{ij}$ ទាបជាងតម្លៃលីមីត $d_{\min}$ (រៀបចំដោយបញ្ចូលទិន្នន័យ) អ័ក្សសំណាញ់ត្រូវបានកំណត់ថាផុសចេញ(emerged)។ ដូច្នេះ ត្រូវបានកំណត់ $land_mask_{ij} = 1$ ហើយអ័ក្សសំណាញ់នេះត្រូវបានដកចេញពីការគណនា។ ដូចបានបង្ហាញក្នុងរូប **Fig. 21** តំបន់ទឹកត្រូវបានគណនាជាមួយការសន្មតថា មានជញ្ជាំងមួយយ៉ាងដែលតម្លៃលក្ខខណ្ឌនៃដែនសម្រាប់ច្រាំងទន្លេ ត្រូវបានបញ្ចូលចន្លោះរវាងតំបន់ទឹក និងដី។ ទោះបីជាការគណនាបែបនេះធ្វើក្នុងប្លង់ y-z ដូចដែលបានបង្ហាញក្នុងរូបភាព **Fig. 21** ក៏ដោយ ការគណនាបែបនេះក៏ធ្វើក្នុងទិសដៅ x។

ការលិច(ពីតំបន់ដីទៅតំបន់ទឹក)

អ័ក្សដែលត្រូវលិច (នៅតំបន់ដី) ត្រូវបានវិនិច្ឆ័យដោយទំនាក់ទំនងនៃកម្ពស់ទឹកនៃអ័ក្សដែលនៅជុំវិញ។ ដូចបានបង្ហាញក្នុងរូប **Fig. 22** នៅពេលគម្លាតរវាងកម្ពស់បាតទន្លេត្រង់អ័ក្ស b_{ij} និងកម្ពស់ទឹកនៃអ័ក្សដែលនៅជុំវិញតូចជាងលីមីតអប្បបរមានៃកម្ពស់ទឹក (ឧ. គម្លាត $d^* = h_{lm}^{n+1} - b_{ij} > d_{\min}$) អ័ក្សត្រូវបានវិនិច្ឆ័យថា ត្រូវបានលិច។ បន្ទាប់មក $land_mask_{ij} = 0$ ត្រូវបានកំណត់ហើយអ័ក្សនេះត្រូវបានបញ្ជូនទៅក្នុងការគណនា។ ទោះបីជាការគណនាបែបនេះធ្វើក្នុងប្លង់ y-z ដូចដែលបានបង្ហាញក្នុងរូបភាព **Fig. 22** ក៏ដោយ ការគណនាបែបនេះក៏ធ្វើក្នុងទិសដៅ x។

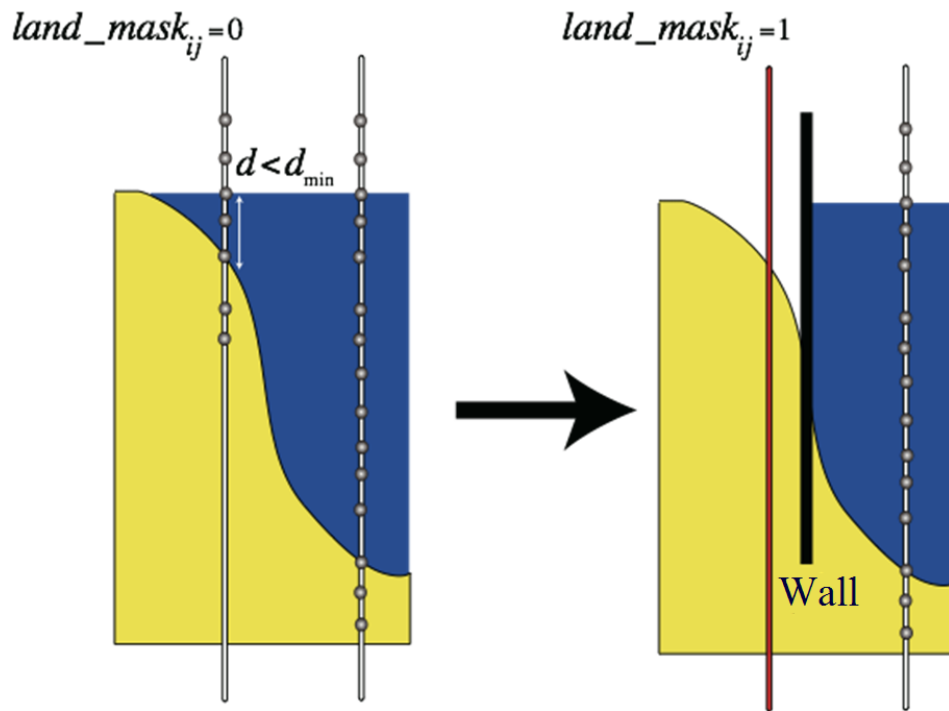


Fig. 21 Emerging (into a land area)

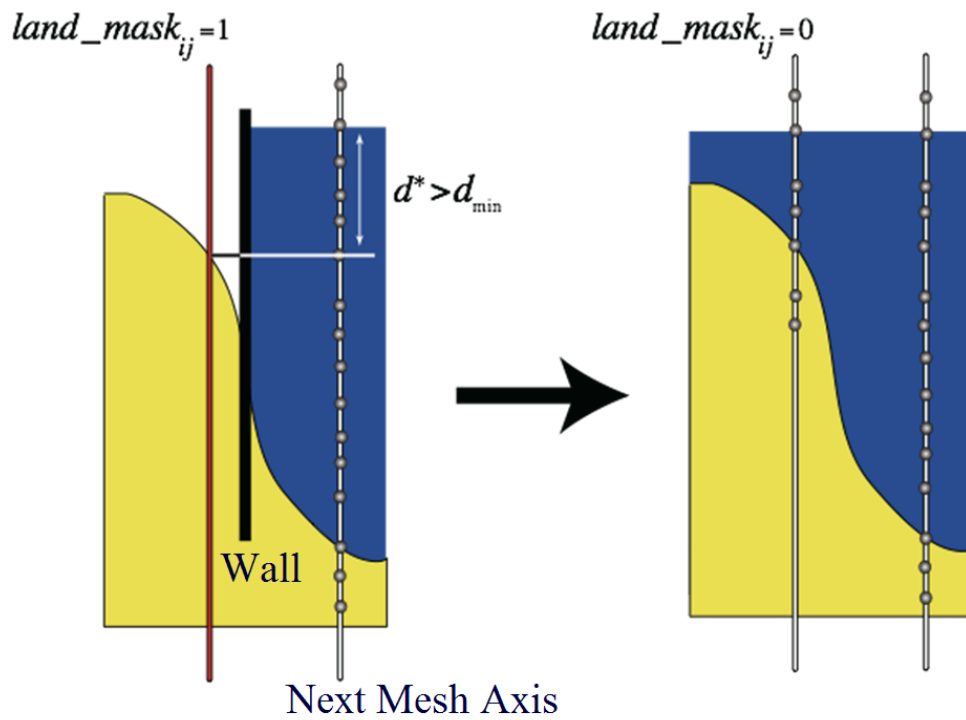


Fig. 22 Submerging (into a water area)

ដំណាក់ 5៖ ការផ្លាស់ប្តូរទីតាំងនៃសំណាញ់ស្វ័យប្រវត្តិ

ទីតាំងតាមទិសឈរនៃចំណុចសំណាញ់ស្វ័យប្រវត្តិ (នៃអ័ក្សនីមួយៗ) ត្រូវបានធ្វើបច្ចុប្បន្នភាព គឺអាស្រ័យលើល្បាយបរិមាណរូប និងកម្ពស់ទឹក $h_{ij}^{n+1} = h(t_{n+1}, x_i, y_{ij})$ ដែលបានគណនាហើយ។ ដំណាក់នេះត្រូវបានដាក់ឲ្យដំណើរការដោយមុខងារ `soroban_update_phase` ។ ដូចបានបង្ហាញក្នុងរូប Fig. 22 ទីតាំងថ្មីតាមទិសឈរ z_{ijk} ត្រូវបានកំណត់ដោយស្វ័យប្រវត្តិដោយ monitor function M ។ ទីតាំងចាស់នៃចំណុច (មុនពេលផ្លាស់ប្តូរ) ត្រូវបានសរសេរថា z_{ijk}^n ហើយទីតាំងថ្មីនៃចំណុច (ក្រោយពេលផ្លាស់ប្តូរ) ត្រូវបានសរសេរថា z_{ijk}^{n+1} ។

ដោយសន្មតថាបម្រែបម្រួលនៃបរិមាណរូបមួយ $f^{n+1}(x, y, z)$ ត្រូវបានកំណត់យ៉ាងជាក់លាក់។ ដូច្នេះ monitor function ត្រូវបានគណនានៅលើអ័ក្សនីមួយៗជាមួយនឹងទីតាំងចាស់នៃចំណុច $f^{n+1}(x, y, z)$ ដូចខាងក្រោម៖

$$M(x_i, y_{ij}, z) = \sqrt{1 + w_z \left| \frac{\partial f^{n+1}(x_i, y_{ij}, z^n)}{\partial z} \right|} \quad (2.49)$$

បន្ទាប់មក មុខងារនេះត្រូវបានចែកជា $N_i - 1$ ប្រព័ន្ធ (នៅលើអ័ក្សនីមួយៗ) ដើម្បីឲ្យប្រព័ន្ធនីមួយៗមានផ្ទៃដូចគ្នា។ នៅទីនេះ N_i គឺជាចំនួនចំណុចក្នុងអ័ក្សនីមួយៗដែលត្រូវបានកំណត់តាមបញ្ចូលទិន្នន័យឋានលេខនៅខាងដើមនៃការគណនា។ ដែននៃប្រព័ន្ធទាំងអស់ក្លាយជារបស់ចំណុចនៃទីតាំងថ្មី។ ដូចនេះ ចំណុចមួយត្រូវតែស្ថិតនៅលើផ្ទៃទឹក $h_{ij}^{n+1} = h(t_{n+1}, x_i, y_{ij})$ ដែលបានគណនារួច។ ក្រៅពីនេះ ចំណុចផ្សេងទៀតត្រូវបានតំរៀបជិតៗគ្នាជាច្រើនត្រង់កន្លែងដែលមានបរិមាណរូប $f^{n+1}(x, y, z)$ ដែលមានបម្រែបម្រួលខ្លាំងនៅក្នុងល្បាយថ្មីនេះ។

មេគុណ w_z ក្នុងសមីការ (2.49) លែងកំណត់នៃចំណុចទាំងនេះ។ តម្លៃមេគុណកាន់តែធំ រលាយនៃចំណុចទាំងនេះកាន់តែស្រួច។ បើសិន w_z មានតម្លៃធំពេក ឬ

ក៏តំបន់ទឹកភក់ពេក គម្លាតរវាងចំនុច និងចំនុចប្រហែលជាអាចមានតម្លៃតូចពេក។
បើសិន គម្លាតមួយក្នុងចំណោមសំណាញ់មានតម្លៃតូចជាងលីមីតអប្បបរមា (ត្រូវបានកំណត់ទុកជាមុន) ចំនួននៃចំនុច N_i ត្រូវបានបន្ថយ ១ និងចំនុចនៃសំណាញ់ត្រូវបានផ្លាស់ប្តូរទីតាំងម្តងទៀត (ដំណើរការបែបនេះត្រូវបានធ្វើម្តងហើយម្តងទៀតរហូតដល់គម្លាតទាំងអស់ធំជាងតម្លៃលីមីតអប្បបរមា)។

បរិមាណរូបក្នុងលំហរ ($u, v, w, T, s, k, \varepsilon$, និង ϕ_{sp}) នៅទីតាំងថ្មី z_{ijk}^{n+1} ត្រូវបានគណនាចេញពីទីតាំងចាស់ z_{ijk}^n នៅលើអ័ក្សនីមួយៗដោយ interpolation និង vertical 1D CIP ។

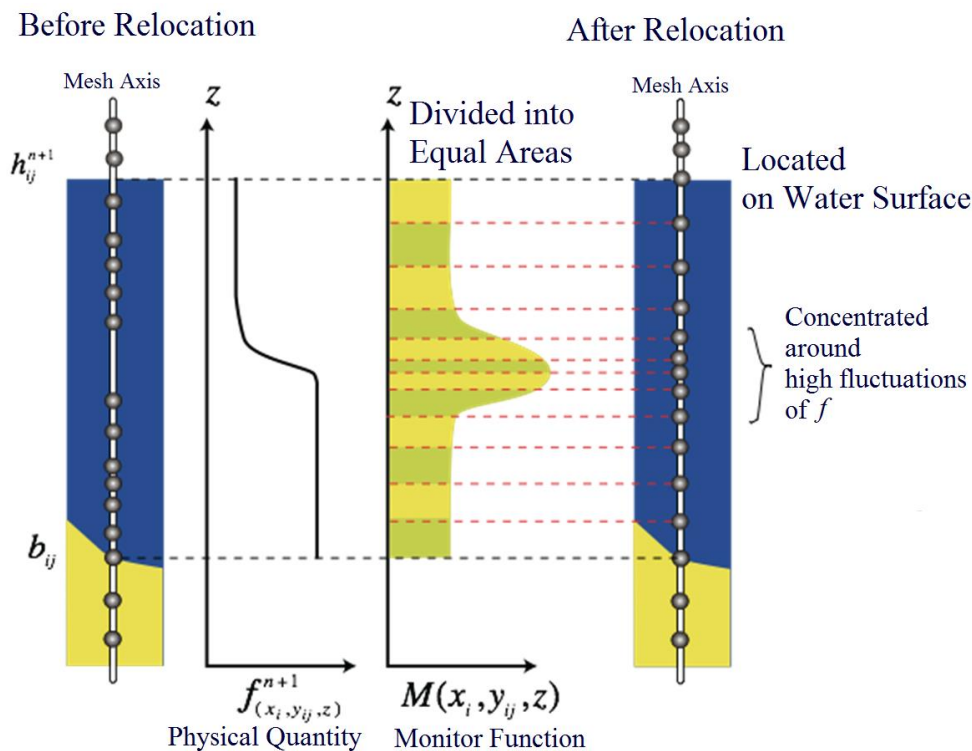


Fig. 23 Vertical relocation of Soroban mesh points

ដំណាក់ 6៖ ការគណនាទែរម៉ូឌីណាមិច

តួផលិតកម្មនៃទែរម៉ូឌីណាមិចក្នុងផ្នែកខាងស្តាំនៃសមីការ (2.20) ~ (2.27) ត្រូវនឹងសមីការ (2.50) ~ (2.57) ខាងក្រោម។ ពួកវាត្រូវបានគណនាជាមួយនឹងបរិមាណ

រូប $u^{\text{adv}}, v^{\text{adv}}, w^{\text{adv}}, T^{\text{adv}}, s^{\text{adv}}, k^{\text{adv}}, \varepsilon^{\text{adv}}$, និង $(\phi_{\text{sp}})^{\text{adv}}$ បន្ទាប់ពីការគណនា advection ដើម្បីទទួលបានផលិតផលទែរម៉ូឌីណាមិក $u^{\text{tur}}, v^{\text{tur}}, w^{\text{tur}}, T^{\text{tur}}, s^{\text{tur}}, k^{\text{tur}}, \varepsilon^{\text{tur}}$, និង $(\phi_{\text{sp}})^{\text{tur}}$ ។

$$\frac{\partial u}{\partial t} = 0 \quad (2.50)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = 0 \quad (2.51)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} = 0 \quad (2.52)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = 0 \quad (2.53)$$

$$\frac{\partial s}{\partial t} = 0 \quad (2.54)$$

$$\frac{\partial k}{\partial t} = P_k + G_k - \varepsilon \quad (2.55)$$

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = C_1 \frac{\varepsilon}{k} P_k + C_1(1 - C_3) \frac{\varepsilon}{k} G_k - C_2 \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (2.56)$$

$$\frac{\partial \phi_{\text{sp}}}{\partial t} = 0 \quad (2.57)$$

ដំបូង គួរផលិតកម្មទែរម៉ូឌីណាមិក P_k, G_k , និងទែរម៉ូឌីណាមិកដែលបានពីខ្យល់ ទទួលបានមកពីនៃ spatial differences លើសំណាញ់ស្ទួនៗបាន។ បន្ទាប់មក សមីការទាំងនេះត្រូវបានគណនាដោយការ discretizing k និង ε តាមវិធីសាស្ត្រ Euler explicit method។ ដំណាក់នេះត្រូវបានដាក់ឱ្យដំណើរការដោយមុខងារ turbulence_phase។

ដំណាក់ 7៖ ការគណនា Diffusion

គួរផលិតកម្មនៃ diffusion ក្នុងផ្នែកខាងស្តាំនៃសមីការ (2.20) ~ (2.27) ត្រូវនឹងសមីការ (2.58) ~ (2.65) ខាងក្រោម។ ពួកវាត្រូវបានគណនាជាមួយនឹងបរិមាណរូប $u^{\text{tur}}, v^{\text{tur}}, w^{\text{tur}}, T^{\text{tur}}, s^{\text{tur}}, k^{\text{tur}}, \varepsilon^{\text{tur}}$, និង $(\phi_{\text{sp}})^{\text{tur}}$ បន្ទាប់ពីការគណនាទែរម៉ូឌីណាមិក ដើម្បីទទួលបានផលិតផល diffusion $u^{\text{dif}}, v^{\text{dif}}, w^{\text{dif}}, T^{\text{dif}}, s^{\text{dif}}, k^{\text{dif}}, \varepsilon^{\text{dif}}$, និង $(\phi_{\text{sp}})^{\text{dif}}$ ។

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\nu_{\text{lic_M}} \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\nu_{\text{lic_M}} \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu_{\text{eff}} \frac{\partial u}{\partial z} \right) + \frac{\tau_x}{\rho} \quad (2.58)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\nu_{\text{lic_M}} \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\nu_{\text{lic_M}} \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu_{\text{eff}} \frac{\partial v}{\partial z} \right) + \frac{\tau_y}{\rho} \quad (2.59)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\nu_{\text{lic_M}} \frac{\partial w}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\nu_{\text{lic_M}} \frac{\partial w}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu_{\text{eff}} \frac{\partial w}{\partial z} \right) + \frac{\tau_z}{\rho} \quad (2.60)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\nu_{\text{lic}}}{\sigma_t} \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\nu_{\text{lic}}}{\sigma_t} \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\nu_{\text{eff}}}{\sigma_t} \frac{\partial T}{\partial z} \right) \quad (2.61)$$

$$\frac{\partial s}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\nu_{\text{lic}}}{\sigma_t} \frac{\partial s}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\nu_{\text{lic}}}{\sigma_t} \frac{\partial s}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\nu_{\text{eff}}}{\sigma_t} \frac{\partial s}{\partial z} \right) \quad (2.62)$$

$$\frac{\partial k}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\nu_{\text{lic}}}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\nu_{\text{lic}}}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\nu_{\text{eff}}}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial z} \right) \quad (2.63)$$

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\nu_{\text{lic}}}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\nu_{\text{lic}}}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\nu_{\text{eff}}}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} \right) \quad (2.64)$$

$$\frac{\partial \phi_{\text{sp}}}{\partial t} = w_{\text{settlement}} \frac{\partial \phi_{\text{sp}}}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\nu_{\text{lic}}}{\sigma_{\phi_{\text{sp}}}} \frac{\partial \phi_{\text{sp}}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\nu_{\text{lic}}}{\sigma_{\phi_{\text{sp}}}} \frac{\partial \phi_{\text{sp}}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\nu_{\text{lic}}}{\sigma_{\phi_{\text{sp}}}} \frac{\partial \phi_{\text{sp}}}{\partial z} \right) \quad (2.65)$$

សមីការទាំងនេះត្រូវបានបែងចែកជា diffusion តាមទិសឈរ និង diffusion តាមទិសដេក ដើម្បីគណនាម្តងមួយ ពីព្រោះភាពខុសគ្នានៃខ្នាតប្រវែងតាមទិសឈរ និងដេក។ ដំណាក់នេះត្រូវបានដាក់ឱ្យដំណើរការដោយមុខងារ diffusion_phase។ នៅពេលដែល diffusion តាមទិសឈរត្រូវបានគណនា អំពើនៃល្បឿនពង្រីក (ថេរ) ត្រូវបានគណនាផងដែរសម្រាប់ស្តារលំដាប់ណាមួយ។

ដំណាក់កាលទី៨៖ ការគណនាផ្សេងៗទៀត

តួដឹកជញ្ជូនកម្ដៅ តួកំលាំងចាកផ្ចិត តួកំលាំង Coriolis និងតួប្រភពនៃស្ដារលៃ រណាមួយដែលស្ថិតនៅផ្នែកខាងស្ដាំនៃសមីការ (2.20) ~ (2.27) ត្រូវនឹងសមីការ (2.66) ~ (2.69) ខាងក្រោម។ ពួកវាត្រូវបានគណនាជាមួយនឹងបរិមាណរូប u^{dif} , v^{dif} , w^{dif} , T^{dif} , s^{dif} , k^{dif} , ε^{dif} , និង $(\phi_{sp})^{dif}$ បន្ទាប់ពីការគណនា diffusion ដើម្បីទទួលបានផលិតផលទាំងនោះ៖ u^{other} , v^{other} , w^{other} , T^{other} , s^{other} , k^{other} , ε^{other} , និង $(\phi_{sp})^{other}$ ។

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{1}{R} u^{dif} v^{dif} + f_{co} v^{dif} \quad (2.66)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -\frac{1}{R} u^{dif} u^{dif} - f_{co} u^{dif} \quad (2.67)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = S_T \quad (2.68)$$

$$\frac{\partial(\phi_{sp})}{\partial t} = S_{\phi_{sp}} \quad (2.69)$$

សមីការ (2.66) និង (2.67) ត្រូវបានគណនាដោយវិធីសាស្ត្រ Euler explicit method។ តួដឹកជញ្ជូនកម្ដៅ (2.68) ត្រូវបានគណនាដោយលក្ខណៈពិសេស គឺការប្រើប្រាស់គម្លាតពេលជានាទី។ តួប្រភពនៃស្ដារលៃរណាមួយ (2.69) ត្រូវបានគណនាដោយមុខងារ `source_term_of_user_defined_scalars` ក៏ប៉ុន្តែរបៀបដោះស្រាយត្រូវតែសរសេរដោយខ្លួនឯង។

ដំណាក់កាលទី៩៖ ការលែងកសំពាធ

សំពាធត្រូវបានគណនាចេញពីល្បឿនលំហូរនៅលើសំណាញ់ស្បូវបានដែលបានផ្លាស់ទីតាំងរួច។ បន្ទាប់មកល្បឿនលំហូរត្រូវបានលែងកជាមួយសំពាធដែលបានគណនានេះ។ ក្រៅពីនេះ មុននឹងការគណនានៃសំពាធ ការលិចចូល (divergences) នៃ plume ដែលបញ្ចូលដោយខ្យល់ត្រូវបានបូកបញ្ចូលក្នុងអ័ក្ស

សំណាញ់ដែលមានឧបករណ៍បញ្ចូលខ្យល់។ តម្លៃវាត្រូវបានគណនាដោយ 1-dimensional vertical plume analyses ចំពោះឧបករណ៍បញ្ចូលខ្យល់នីមួយៗ។ សមីការគ្រឹះនៃដំណាក់នេះមានដូចខាងក្រោម៖

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p^{n+1}}{\partial x} \quad (2.70)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p^{n+1}}{\partial y} \quad (2.71)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p^{n+1}}{\partial z} - g \quad (2.72)$$

$$\frac{\partial u^{n+1}}{\partial x} + \frac{\partial v^{n+1}}{\partial y} + \frac{\partial w^{n+1}}{\partial z} = \begin{cases} 0 & \text{without aeration} \\ -\frac{dQ_{\text{total}}}{dz} & \text{with aeration} \end{cases} \quad (2.73)$$

$-dQ_{\text{total}}/dz$ គឺជាបរិមាណទឹកចូល(apparent sinks) ដែលគណនាដោយ analyses of aeration plumes ។ បើសិនអ័ក្សសំណាញ់គ្មានឧបករណ៍បញ្ចូលខ្យល់ទេ តួខាងស្តាំនៃសមីការស្មើ 0 ដូច្នេះច្បាប់រក្សាម៉ាស់ត្រូវបានគោរព។ ដើម្បីគណនាសំពាធ ដំបូងឡើយ សមីការ Poisson មួយត្រូវបានទាញចេញពីភាពដែលមិនអាចបំប្លែងបាន។ បន្ទាប់មក វាត្រូវបានបំប្លែងទៅជាសមីការម៉ាទ្រីសមួយក្នុងសំណាញ់ស្រួចបាន ដូច្នេះហើយតម្លៃតាមដែន (1.20) និង (1.29) នឹងត្រូវបានឆ្លើយតប។ បន្ទាប់មក សំពាធត្រូវបានគណនាដោយដោះស្រាយសមីការម៉ាទ្រីសជាមួយ incomplete LU factorization និងវិធីសាស្ត្រ preconditioned BiCGstab។ ដំណាក់នេះត្រូវបានដាក់ឱ្យដំណើរការដោយមុខងារ pressure_phase ។

រចនាសម្ព័ន្ធនៃលក្ខខណ្ឌគណនា

លក្ខខណ្ឌគណនាត្រូវបានរៀបចំជាជួររចនាសម្ព័ន្ធតាមប្រភេទការបញ្ចូល
ទិន្នន័យដូចខាងក្រោម៖

១ រចនាសម្ព័ន្ធគ្រឹះ

២ ឋានលេខា

៣ វាលខ្យល់

៤ តម្លៃលក្ខខណ្ឌដែន

៥ តម្លៃលក្ខខណ្ឌដើម

៦ តម្លៃនៃស្កាលែរណាមួយជាសេរីតាមពេល

ក្រៅពីនេះ យើងត្រូវកែតម្រូវមុខងារមួយចំនួនរបស់ **តែតិចមែ** ដោយខ្លួនឯង
ដើម្បីរៀបចំតួប្រភពនៃស្កាលែរមួយ ឬច្រើន (ចូរមើលទំព័រទី ១២៦)។

រចនាសម្ព័ន្ធគ្រឹះ (define.inc)

ឯកសារទិន្នន័យមួយនៃរចនាសម្ព័ន្ធគ្រឹះប្រើសម្រាប់កំណត់ឈ្មោះបញ្ចូល
ទិន្នន័យ និងលក្ខខណ្ឌគណនាផ្សេងៗ៖ លក្ខខណ្ឌ CFL (គម្លាតពេល), ចំនួន
Schmidt, គម្លាតនៃលទ្ធផល ។ល។ ទាំងនេះត្រូវបានរៀបចំក្នុង define.inc ប៉ុន្តែយើង
អាចប្រើឈ្មោះដទៃទៀតឲ្យវាក៏បាន។ យើងត្រូវកំណត់ឈ្មោះរបស់វាក្នុង command
មួយដើម្បីដំណើរការគណនាដូចខាងក្រោម៖

```
#>mpirun -np 8 titech_warm define.inc
```

បើសិនមានបន្ទាត់មួយក្នុងឯកសារនេះ ចាប់ផ្តើមដោយសញ្ញា “#” វាត្រូវបានសម្គាល់ថាជា comment មួយហើយមិនត្រូវបានអាន និងប្រើប្រាស់ក្នុងការគណនា។ ដូច្នេះ ផ្នែកនេះចុះបញ្ជីវត្ថុដែលត្រូវកំណត់ក្នុងឯកសារនេះ។

វត្ថុទាក់ទងលក្ខខណ្ឌពេល

MAXIMUM_TIME

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ [sec]។ វា គឺជារយៈពេលនៃការគណនាត្រង់ទីបញ្ចប់នៃការគណនា។ ការគណនាបញ្ចប់នៅពេលដែលរយៈពេល t_n លើស MAXIMUM_TIME ឬក៏ចំនួនជំហានគណនា n លើស MAXIMUM_TIME_STEP ។

MAXIMUM_TIME_STEP

កំណត់ជាចំនួនគត់។ វា គឺជាចំនួនជំហានគណនាត្រង់ទីបញ្ចប់នៃការគណនា។ ការគណនាបញ្ចប់នៅពេលដែលរយៈពេល t_n លើស MAXIMUM_TIME ឬក៏ចំនួនជំហានគណនា n លើស MAXIMUM_TIME_STEP ។

DT_AT_INITIAL_STEP

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ [sec]។ វា គឺជាគម្លាតរយៈពេលនៅត្រង់ជំហានគណនាដំបូង។

MAXIMUM_DT

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ [sec]។ វា គឺជាលីមីតអតិបរមានៃគម្លាតរយៈពេលគណនា Δt ។ MAXIMUM_DT មានអាទិភាពលើគម្លាតរយៈពេលគណនាដែលកំណត់ដោយលក្ខខណ្ឌ CFL ទោះបីជាគម្លាតនេះធំជាង MAXIMUM_DT ។

MAXIMUM_CFL

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយដែលតូចជាង 0.5 ។ វា គឺជាលីមីតអតិបរមានៃ ចំនួន CFL ដែលកំណត់ដោយល្បឿនលំហូរនៅត្រង់ជំហានគណនានីមួយៗ។ គម្លាតរយៈពេលគណនា Δt (ទៅជំហានគណនាមួយទៀត) ត្រូវបានកំណត់ ដូច្នេះហើយ ចំនួន CFL នឹងតូចជាង MAXIMUM_CFL នៅរាល់ចំណុចនៃសំណាញ់។

MAXIMUM_CFL_FOR_WAVE

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ(១ ឬ ច្រើនជាងនេះក៏មិនអីដែរ)។ វា គឺជាលីមីតអតិបរមានៃចំនួន CFL ដែលកំណត់ដោយល្បឿនរលកនៅលើផ្ទៃទឹកនៃជំហាន គណនានីមួយៗ។ គម្លាតរយៈពេលគណនា Δt (ទៅជំហានគណនាមួយទៀត) ត្រូវ បានកំណត់ ដូច្នេះហើយ ចំនួន CFL នឹងតូចជាង MAXIMUM_CFL_FOR_WAVE នៅ រាល់ចំណុចនៃសំណាញ់។ តម្លៃរបស់វាអាចលើសពី ១ ពីព្រោះការបំប្លែងនៃផ្ទៃទឹក ត្រូវបានគណនាដោយវិធីសាស្ត្រ implicit method មួយ។

SAFETY_COEFFICIENT_FOR_EXPLICIT_VISCOSITY_CALCULATION

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ។ វា គឺជាមេគុណសុវត្ថិភាព α មួយនៃគម្លាតរ យៈពេលគណនា។ វាត្រូវបានប្រើប្រាស់នៅពេលដែលតែតិចវិមគណនា diffusions តាមទិសដេកដោយវិធីសាស្ត្រ time explicit method មួយ។ ការគណនានេះត្រូវបាន ធ្វើឡើងដោយវិធីសាស្ត្រពហុជំហានពេល ហើយគម្លាតរយៈពេលប្រឌិតរបស់វា $\Delta t_{\text{virtual}}$ ត្រូវបានកំណត់ដែលត្រូវគោរពលក្ខខណ្ឌខាងក្រោម៖

$$\Delta t_{\text{virtual}} < \alpha \min \left(\frac{\Delta x^2}{2\nu_x}, \frac{\Delta y^2}{2\nu_y} \right)$$

វត្ថុទាក់ទងលទ្ធផល

OUTPUT_INTERVAL_SWITCH

កំណត់ជា 0 ឬ ១។ វាសម្រេចរបៀបដែលត្រូវកំណត់គម្លាតរយៈពេល
គណនាទៅលទ្ធផលនៃការគណនាបន្ទាប់។ បើសិនជា OUTPUT_INTER-
VAL_SWITCH ស្មើ ១ តែតិចវែមបញ្ចេញលទ្ធផលតាមគម្លាតពេលគណនា OUT-
PUT_TIME_INTERVAL ។ បើសិនជា OUTPUT_INTERVAL_SWITCH ស្មើ 0 តែតិចវែម
បញ្ចេញលទ្ធផលតាមជំហានគណនា OUTPUT_STEP_INTERVAL ។

OUTPUT_TIME_INTERVAL

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ [sec]។ វា គឺជាគម្លាតពេលគណនានៃលទ្ធផល
ក្នុងករណី OUTPUT_INTERVAL_SWITCH ស្មើ ១។

OUTPUT_STEP_INTERVAL

កំណត់ជាចំនួនគត់។ វា គឺជាចំនួនជំហានគណនានៃលទ្ធផលក្នុងករណី
OUTPUT_INTERVAL_SWITCH ស្មើ 0។

RUN_ONLY_FOR_OUTPUT_GRID_POSITION_SWITCH

កំណត់ស្មើ 0 ឬ ១ (ជាទូទៅកំណត់ 0)។ បើសិនវាស្មើ ១ ការគណនាបញ្ចប់
នៅពេលដែលទិន្នន័យឯកសារឋានលេខាត្រូវបានអាន និងទីតាំងរបស់អ័ក្ស
សំណាញ់ត្រូវបានកំណត់។ ដូច្នេះ គ្មានការគណនាតាមបម្រែបម្រួលពេលទេ។ វា
ត្រូវបានប្រើដើម្បីរកទីតាំងនៃសំណាញ់នៅពេលដែលយើងរៀបចំបញ្ចូលទិន្នន័យ
ឯកសារដូចជា ទិន្នន័យឯកសារវាលខ្យល់ជាដើម ។ល។

OUTPUT_COMPRESSION_SWITCH

កំណត់ស្មើ 0 ឬ ១។ បើសិនវាស្មើ ១ រាល់លទ្ធផល (ជាសណ្ឋានឯកសារ
TecPlot មួយក្នុងថតឬទីតាំងនៃ TecData) ត្រូវបានបំប្លែងជា bzip archive មួយ។

OUTPUT_GROUND_LEVEL

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ [m] ដែលធំជាងកម្ពស់ទឹកអតិបរមាដែលយើង បានរំពឹងទុក។ វា គឺជាកម្ពស់នៃប្រាំង (ឧ. ផ្នែកនៃទិន្នន័យឋានលេខា ZONE = Bot- tom Surface ស្ថិតនៅក្រៅតំបន់ទឹក) ក្នុងលទ្ធផលលំហរ (Tec_VolumeData...)។

វត្ថុទាក់ទងសំណាញ់ស្បូវបាន

MAX_ITER_NUM_OF_INITIAL_CONDITION

កំណត់ជាចំនួនគត់។ វា គឺជាចំនួនអតិបរមាធ្វើឡើងវិញនៃការគណនាដើម្បី បង្កើតសំណាញ់ស្បូវបានចេញពីតម្លៃលក្ខខណ្ឌដើម។

WEIGHTING_PARAMETER_TO_GATHER_GRID_POINT

កំណត់ជាចំនួនគត់គ្មានខ្នាត។ វា គឺជាមេគុណថ្លឹងដែលត្រូវគុណនឹងជម្រាល នៃបរិមាណរូបតាមទិសឈរដើម្បីគណនា monitor function ។ និយាយមួយបែប ទៀតបានថា វា គឺជា w_z ក្នុងសមីការ (2.49) និងត្រូវបានប្រើដើម្បីកំណត់ទីតាំងនៃ សំណាញ់ស្បូវបានតាមទិសឈរ។ តម្លៃមេគុណកាន់តែធំ របាយចំនុចនៃសំណាញ់ ស្បូវបានកាន់តែស្រួច (ជុំវិញកន្លែងបម្រែបម្រួលតាមទិសឈរ)។ បើសិនវាស្មើ 0 ចំនុ ចនៃសំណាញ់ស្បូវបានស្ថិតនៅទីតាំងដែលមានគម្លាតស្មើគ្នារវាងផ្ទៃទឹក និងបាតទ ន្លៃ។

MININUM_VERTICAL_GRID_WIDTH

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ [m]។ វា គឺជាលីមីតអប្បបរមានៃគម្លាតរវាងចំនុ ចសំណាញ់ស្បូវបានតាមទិសឈរ។ ចំនុចសំណាញ់ស្បូវបានត្រូវស្ថិតតាមទិសឈរ ហើយមិននៅជិតគ្នាដែលមិនជាងតិចជាងតម្លៃនេះ។

MAX_ITER_NUM_OF_SMOOTHING_MONITORING_FUNCTION_IN_X

កំណត់ជាចំនួនគត់។ នៅពេលដែល monitor function ត្រូវបានកំណត់ចេញពី ល្បាយនៃបរិមាណរូបមួយតាមទិសឈរ មធ្យមភាគនៃ ៣ ចំនុចតាមទិសដៅ x ត្រូវ

បានធ្វើឡើងវិញជាច្រើនដងតាមតម្លៃកំណត់នេះ (វាត្រូវបានប្រើដើម្បីកំណត់ទីតាំងនៃចំណុចសំណាញ់ស្បូវបានតាមទិសដៅឈរពីលើកមុន)។ តម្លៃនេះកាន់តែធំ ទីតាំងរបស់ចំណុចសំណាញ់កាន់តែរលូនតាមទិសដៅ x ។

MAX_ITER_NUM_OF_SMOOTHING_MONITORING_FUNCTION_IN_Y

កំណត់ជាចំនួនគត់។ នៅពេលដែល monitor function ត្រូវបានកំណត់ចេញពីល្បាយនៃបរិមាណរូបមួយតាមទិសឈរ មធ្យមភាគនៃ ៣ ចំណុចតាមទិសដៅ y ត្រូវបានធ្វើឡើងវិញជាច្រើនដងតាមតម្លៃកំណត់នេះ (វាត្រូវបានប្រើដើម្បីកំណត់ទីតាំងនៃចំណុចសំណាញ់ស្បូវបានតាមទិសដៅឈរពីលើកមុន)។ តម្លៃនេះកាន់តែធំ ទីតាំងរបស់ចំណុចសំណាញ់កាន់តែរលូនតាមទិសដៅ y ។

MAX_ITER_NUM_OF_SMOOTHING_MONITORING_FUNCTION_IN_Z

កំណត់ជាចំនួនគត់។ នៅពេលដែល monitor function ត្រូវបានកំណត់ចេញពីសមីការ (2.63) មធ្យមភាគនៃ ៣ ចំណុចតាមទិសដៅ z ត្រូវបានធ្វើឡើងវិញជាច្រើនដងតាមតម្លៃកំណត់នេះ (វាត្រូវបានប្រើដើម្បីកំណត់ទីតាំងនៃចំណុចសំណាញ់ស្បូវបានតាមទិសដៅឈរពីលើកមុន)។ តម្លៃនេះកាន់តែធំ បម្រែបម្រួលនៃគម្លាតសំណាញ់តាមទិសឈរកាន់តែមធ្យម។

MINIMUM_WATER_DEPTH

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ [m]។ វា គឺជាលីមីតអប្បបរមានៃកម្ពស់ទឹកដើម្បីស្គាល់តំបន់ទឹក។ នៅពេលកម្ពស់ទឹកទាបជាងតម្លៃនេះនៅលើអ័ក្សសំណាញ់អ័ក្សនេះត្រូវបានកំណត់ថាក្នុងតំបន់ដី និងត្រូវបានបានដកចេញពីការគណនា។

វត្ថុទាក់ទងការគណនាទែរម៉ូលីយ៉ង់

VISCOSITY_MOLECULAR

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ [m^2/sec]។ វា គឺជាភាពខុសរបស់ម៉ូលេគុលទឹក។

VISCOSITY_MOLECULAR_SALINITY

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ $[m^2/sec]$ ។ វាគឺជា diffusivity របស់ម៉ូលេគុលអំបិល។

HEAT_CONDUCTIVITY

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ $[m^2/sec]$ ។ វា គឺជា thermal diffusivity របស់ម៉ូលេគុលទឹក α ។ ទំនាក់ទំនងជាមួយកុងដឌុចទីវីតេកម្ដៅ k $[J/s\ m\ K]$ គឺ៖

$$\alpha = \frac{k}{\rho c_p}$$

ρ $[kg/m^3]$ គឺជាដង់ស៊ីតេទឹក និង c_p $[J/kg\ K]$ គឺជា specific heat capacity។

KE_RICHARDSON_RAW_COEFFICIENT

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ។ វា គឺជាមេគុណរបស់ច្បាប់ Richardson's 4/3 (ឧ. មេគុណ ν_0 ក្នុងសមីការ (1.13))។

KE_SCHMIDT_NUMBER_FOR_HORIZONTAL

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ។ វា គឺជាចំនួន turbulent Schmidt ដើម្បីគណនាភាពខនតាមទិសដេក ν_{lic_M} (ឧ. មេគុណ S_c ក្នុងសមីការ (1.14))។

KE_CMYU

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ។ វាជាមេគុណ C_μ ក្នុងម៉ូដែលទែរហ្វីយឡង់ $k-\epsilon$ ។

KE_C1

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ។ វាជាមេគុណ C_1 ក្នុងម៉ូដែលទែរហ្វីយឡង់ $k-\epsilon$ ។

KE_C2

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ។ វាជាមេគុណ C_2 ក្នុងម៉ូដែលទែរហ្វីយឡង់ $k-\epsilon$ ។

KE_C3

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ។ វាជាមេគុណ C_3 ក្នុងម៉ូដែលទែរហ្វីយឡង់ $k-\varepsilon$ ។

KE_SIGMA_K

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ។ វា គឺជាចំនួន turbulent Schmidt σ_k ដើម្បី
គណនាថាមពលទែរហ្វីយឡង់ស៊ីនេទិច k ក្នុងម៉ូដែលទែរហ្វីយឡង់ $k-\varepsilon$ ។

KE_SIGMA_E

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ។ វា គឺជាចំនួន turbulent Prandtl σ_ε ដើម្បី
គណនាអត្រាពាលជាលនៃទែរហ្វីយឡង់ (turbulent dispersion rate) ε ក្នុងម៉ូដែលទែរហ្វី
យឡង់ $k-\varepsilon$ ។

KE_SIGMA_T

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ។ វា គឺជាចំនួន turbulent Prandtl σ_s ដើម្បី
គណនា (ដង់ស៊ីតេ) ភាពប្រែក្នុងម៉ូដែលទែរហ្វីយឡង់ $k-\varepsilon$ ។

KE_BED_BOUNDARY_MODEL

កំណត់ជាចំនួនគត់មួយ។ វាត្រូវបានប្រើដើម្បីជ្រើសរើសតម្លៃលក្ខខណ្ឌដែន
នៃទែរហ្វីយឡង់ក្នុងម៉ូដែលទែរហ្វីយឡង់ $k-\varepsilon$ ។ បើសិនវាស្មើ 0 តម្លៃថេរត្រូវបានផ្តល់
ឲ្យជាតម្លៃលក្ខខណ្ឌដែននៃ k និង ε អាស្រ័យជញ្ជាំងលក្ខខណ្ឌដែន។ ផ្ទុយទៅវិញ
បើសិនវាស្មើ ១ ម៉ូដែលទែរហ្វីយឡង់ supply-flux (ផ្អែកលើការគណនារបស់ Ishi-
kawa and Moribayashi et al.) ត្រូវបានផ្តល់ឲ្យជាតម្លៃលក្ខខណ្ឌដែន (អានលម្អិតនៅ
ទំព័រ២៨)។

វត្ថុទាក់ទងការប្រែប្រួលផ្ទៃទឹក

MAX_ITER_NUM_OF_BICGSTAB_SOLUTION_IN_WATER_SURFACE_PROPAGATION

កំណត់ជាចំនួនគត់មួយ។ វា គឺជាចំនួនអតិបរមាការធ្វើឡើងវិញនៃដំណោះ
ស្រាយ ILU-BiCGstab matrix ដើម្បីគណនាបម្រែបម្រួលផ្ទៃទឹក។

EPSIRON_OF_BICGSTAB_SOLUTION_IN_WATER_SURFACE_PROPAGATION

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ។ វា គឺជាចំនួនសម្រាប់ធៀបនៃដំណោះស្រាយ ILU-BiCGstab matrix' convergence ដើម្បីគណនាបម្រែបម្រួលផ្ទៃទឹក។

វត្ថុទាក់ទងការលែងកសំពាធ

MAX_ITER_NUM_OF_BICGSTAB_SOLUTION_IN_PRESSURE_PHASE

កំណត់ជាចំនួនគត់មួយ។ វា គឺជាចំនួនអតិបរមាការធ្វើឡើងវិញនៃដំណោះស្រាយ ILU-BiCGstab matrix ដើម្បីគណនាសំពាធ។

EPSIRON_OF_BICGSTAB_SOLUTION_IN_PRESSURE_PHASE

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ។ វា គឺជាចំនួនសម្រាប់ធៀបនៃដំណោះស្រាយ ILU-BiCGstab matrix' convergence ដើម្បីគណនាការសំពាធ។

វត្ថុទាក់ទងបរិមាណរូបផ្សេងៗ

GRAVITY_ACCE

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ $[m/s^2]$ ។ វា គឺជាទំនាញផែនដី។

FRICTION_COEFFICIENT

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ។ វា គឺជាមេគុណកកិតដើម្បីគណនាកំលាំងកកិតតាមបាត និងច្រាំងទន្លេ (ឧ. មេគុណ f_b ក្នុងសមីការ (1.30) ~ (1.32) និង (1.34) ~ (1.36))។

SALINITY_ENABLE_SWITCH

កំណត់ជាចំនួនគត់មួយ។ វាកំណត់ថា តើតែតិចវ៉ែមត្រូវគណនាភាពប្រៃ ឬក៏មិន។ បើសិនវាស្មើ ០ ការគណនានៃភាពប្រៃមិនកើតឡើងទេ។ ដូច្នេះ កំណត់ស្មើ ១ ដើម្បីគណនាវា។

WATER_TEMPERATURE_ENABLE_SWITCH

កំណត់ជាចំនួនគត់មួយ។ វាកំណត់ថា តើតែតិចវ៉ែមត្រូវគណនាសីតុណ្ហភាពទឹក ឬក៏មិន។ បើសិនវាស្មើ ០ ការគណនាសីតុណ្ហភាពទឹកមិនកើតឡើងទេ។ ដូច្នេះ កំណត់ស្មើ ១ ដើម្បីគណនាវា។

វត្ថុទាក់ទងការបញ្ចូលទិន្នន័យឋានលេខា

NAME_OF_LIST_FILE_OF_TOPOGRAPHY_CROSS_SECTION

ចូរកំណត់ឈ្មោះឯកសារមួយ។ វា គឺជាឯកសារទិន្នន័យឋានលេខាដែលកំណត់កម្ពស់បាតទន្លេ និងលក្ខខណ្ឌសំណាញ់។

LATITUDE

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ [°]។ វា គឺជារយៈទទឹងដែលប្រើសម្រាប់គណនាប៉ារ៉ាម៉ែត្រ Coriolis ។ តម្លៃវិជ្ជមានមានន័យថារយៈទទឹងខាងជើង ហើយតម្លៃអវិជ្ជមានមានន័យថារយៈទទឹងខាងត្បូង។

វត្ថុទាក់ទងវាលខ្យល់

NAME_OF_LIST_FILE_OF_2D_WIND_FIELD

ចូរកំណត់ឈ្មោះឯកសារមួយ។ វាមានល្បឿនខ្យល់ជាស៊េរីពេលនៅលើអ័ក្សសំណាញ់ ជាតំណាងនៃល្បាយខ្យល់ 2-dimensional ។ បើសិនយើងចង់ប្រើឯកសារទិន្នន័យមួយសម្រាប់វា ចូរកំណត់ឈ្មោះឯកសារមួយសម្រាប់ឯកសារបន្ទាប់៖

FILE_OF_UNIFORM_WIND_FIELD។

FILE_OF_UNIFORM_WIND_FIELD

ចូរកំណត់ឈ្មោះឯកសារមួយ។ វាមានល្បឿនខ្យល់ជាស៊េរីពេល ជាតំណាងនៃឯកសណ្ឋានល្បាយខ្យល់នៅលើអ័ក្សសំណាញ់នីមួយៗ។ បើសិនយើងចង់ប្រើ

ឯកសារទិន្នន័យមួយសម្រាប់វា ចូរកុំកំណត់ឈ្មោះឯកសារមួយសម្រាប់ឯកសារមុន
៖ NAME_OF_LIST_FILE_OF_2D_WIND_FIELD ។

វត្ថុទាក់ទងការជញ្ជូនកម្ដៅ

HEAT_BUDGET_ENABLE_SW

កំណត់ជាចំនួនគត់មួយ។ វាកំណត់ថា តើតែតិចវ៉ែមត្រូវគណនាកម្ដៅចេញ
ចូលជាមួយមុខងារ heat_budget_water_temperature ឬក៏មិន។ បើសិនវាស្មើ 0
ការគណនានេះមិនកើតឡើងទេ។ ដូច្នេះ កំណត់ស្មើ ១ ដើម្បីគណនាវា។

HEAT_BUDGET_DT

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ [sec]។ វា គឺជាគម្លាតពេលគណនាដើម
គណនាការជញ្ជូនកម្ដៅជាមួយមុខងារ heat_budget_water_temperature។ បើសិន
HEAT_BUDGET_DT លើសគម្លាតពេលដែលប្រើក្នុងការគណនា advection គម្លាត
ពេលគណនានៃ advection ត្រូវបានប្រើប្រាស់ជំនួសវា។

HEAT_BUDGET_ALBEDO

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ។ វា គឺជាអនុបាតចំនាំងផ្ដាតនៃកាំពន្លឺខ្លីនៃព្រះ
អាទិត្យលើផ្ទៃទឹក។

HEAT_BUDGET_ABSORPTION_RATE_AT_WATER_SURFACE

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ។ វា គឺជាអនុបាតរវាងពន្លឺដែលការស្រូបដោយ
ផ្ទៃទឹក និងកាំពន្លឺខ្លីនៃព្រះអាទិត្យដែលមិនចាំងផ្ដាត។

HEAT_BUDGET_BUDGET_ATTENUATION_LENGTH_OF_SHORT_WAVE

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ [m]។ វា គឺជាប្រវែងដាលៈ អាំងតង់ស៊ីតេពន្លឺ
ដែលដាលចូលក្នុងទឹកហើយស្មើ $1/e$ ពេលកំពុងត្រាចរតាមប្រវែងដាលក្នុងទឹក។

HEAT_BUDGET_BUDGET_BUDGET_EMPIRICAL_COEFFICIENT_OF_LONG_WAVE

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ(ទូទៅកំណត់ ១)។ វាលែលកបរិមាណនៃការជញ្ជូនកម្ដៅពីផ្ទៃទឹកដោយធារកម្ដៅនៃកាំពន្លឺវែងនៃព្រះអាទិត្យ កម្ដៅឡាតង់ និង កម្ដៅសង់ស៊ីប។ វាត្រូវនឹងមេគុណ C_f ក្នុងសមីការ (1.46) (មើលទំព័រ ៣៥)។

FILE_OF_AIR_TEMPERATURE

ចូរកំណត់ឈ្មោះឯកសារមួយ។ វា គឺជាឯកសារទិន្នន័យនៃសីតុណ្ហភាពខ្យល់ [$^{\circ}\text{C}$] ជាសេរីពេលសម្រាប់គណនាការជញ្ជូនកម្ដៅ។ ការគណនាការជញ្ជូនកម្ដៅមិនកើតឡើងទេបើគ្មានវា។

FILE_OF_AIR_CLOUDINESS

ចូរកំណត់ឈ្មោះឯកសារមួយ។ វា គឺជាឯកសារទិន្នន័យនៃពពក (0 ~ 10) ជាសេរីពេលសម្រាប់គណនាការជញ្ជូនកម្ដៅ។ ការគណនាការជញ្ជូនកម្ដៅមិនកើតឡើងទេបើគ្មានវា។

FILE_OF_AIR_HUMIDITY

ចូរកំណត់ឈ្មោះឯកសារមួយ។ វា គឺជាឯកសារទិន្នន័យនៃសំនើមខ្យល់ [%] ជាសេរីពេលសម្រាប់គណនាការជញ្ជូនកម្ដៅ។ ការគណនាការជញ្ជូនកម្ដៅមិនកើតឡើងទេបើគ្មានវា។

FILE_OF_AIR_SOLAR_RADIATION

ចូរកំណត់ឈ្មោះឯកសារមួយ។ វា គឺជាឯកសារទិន្នន័យនៃបរិមាណកាំពន្លឺខ្លីនៃព្រះអាទិត្យ [$\text{MJ}/\text{m}^2 \text{ day}$] ជាសេរីពេលសម្រាប់គណនាការជញ្ជូនកម្ដៅ។ ការគណនាការជញ្ជូនកម្ដៅមិនកើតឡើងទេបើគ្មានវា។

វត្ថុទាក់ទងម្ល៉ៃដែលបញ្ចូលខ្យល់

វត្ថុខាងក្រោមកំណត់ប៉ារ៉ាម៉ែត្រនៃម្ល៉ៃដែលបញ្ចូលខ្យល់ និងឧបករណ៍បញ្ចូលខ្យល់ (ទីតាំង បរិមាណបញ្ចូលខ្យល់ ។ល។)។ ប៉ារ៉ាម៉ែត្រនៃឧបករណ៍បញ្ចូលខ្យល់

ច្រើនជាងមួយអាចសរសេរតាមរបៀបដូចគ្នា។ ឧបករណ៍បញ្ចូលខ្យល់ចំនួន ២៥
អាចដាក់បានក្នុងតែតិចវ៉ែម។

AERATION_ATM_WATER_HEAD

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ [m]។ វា គឺជានៅកម្ពស់ទឹក (hydraulic head) សំ
ពាធបរិយាកាស។

AERATION_SURFACE_TENSION_COFF

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ។ វា គឺជាមេគុណផ្ទៃតង់ស្យុង (surface tension)
នៃទឹក។

AERATION_DZ_FOR_PLUME_MODEL

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ [m]។ វា គឺជាគម្លាតសំណាញ់ដែលបានប្រើក្នុង
ការគណនា 1-dimensional vertical នៃ plumes បញ្ចូលខ្យល់។ វាគួរតែតូចជាងគម្លាត
នៃសំណាញ់ស្ទើរបាន ដូច្នេះកំណត់តម្លៃតូចជាង MINIMUM_VERTICAL_GRID_WIDTH
។

AERATION_ENTRAINMENT_COFF_ALPHA

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ។ វា គឺជាមេគុណបញ្ចូល α រវាងទឹកជុំវិញ និង
plumes បញ្ចូលខ្យល់(អានទំព័រ ៤២)។

AERATION_ENTRAINMENT_COFF_BETA

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ។ វា គឺជាមេគុណបញ្ចូល β រវាងទឹកជុំវិញ និង
plumes បញ្ចូលខ្យល់(អានទំព័រ ៤២)។

AERATION_ENTRAINMENT_COFF_GAMMA

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ។ វា គឺជាមេគុណបញ្ចូល γ រវាងទឹកជុំវិញ និង
plumes បញ្ចូលខ្យល់(អានទំព័រ ៤២)។

AERATION_EMPIRICAL_COFF_FOR_WATER_SURFACE

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ (1.0 ជាតម្លៃស្តង់ដារ)។ វាប៉ះពាល់ការកើនឡើងនៃការបញ្ចូលនៅពេល plume មួយចាប់ផ្តើមលេចចេញពីផ្ទៃទឹក។ វាត្រូវនឹងមេគុណ C_e ក្នុងសមីការ (1.77) (អានទំព័រ ៤៤)។

AERATION_BUBBLE_PLUME_SLIP_VELOCITY

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ [m/s]។ វា គឺជាល្បឿនរអិលនៃបណ្តាលបញ្ចូលខ្យល់។

AERATION_MAX_ITER_NUM

កំណត់ជាចំនួនគត់មួយ។ វា គឺជាចំនួនអតិបរមានៃការធ្វើឡើងម្តងទៀតនៃការគណនាក្នុងម៉ូដែល double plume ។

AERATION_EPSILON_OF_ITER

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ។ វា គឺជាតម្លៃសម្រាប់ធៀបដើម្បីបញ្ចប់ការគណនាក្នុងម៉ូដែល double plume។

AERATION_MAX_ITER_NUM_OF_NEWTON_FOR_INITIAL_PLUME

កំណត់ជាចំនួនគត់មួយ។ វា គឺជាចំនួនអតិបរមានៃការធ្វើឡើងម្តងទៀតនៃវិធីសាស្ត្រ Newton-Raphson ដើម្បីគណនាតម្លៃដើមនៃ inner plumes។

AERATION_EPSILON_OF_ITER

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ។ វា គឺជាតម្លៃសម្រាប់ធៀបវិធីសាស្ត្រ Newton-Raphson ដើម្បីគណនាតម្លៃដើមនៃ inner plumes។

AERATION_DEVICE_1_SWITCH

កំណត់ជាចំនួនគត់មួយ។ វាកំណត់ថា តើតែតិចត្រូវគណនាឧបករណ៍បញ្ចូលខ្យល់ #1 ឬក៏មិន។ បើសិនវាស្មើ 0 ការគណនារបស់វាមិនកើតឡើងទេ។ ផ្ទុះ កំណត់ស្មើ ១ ដើម្បីគណនាវា។

AERATION_DEVICE_1_X

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ[m]។ វា គឺជាកូអរដោនេ x របស់ឧបករណ៍
បញ្ចូលខ្យល់ #1ក្នុងលំហរគណនា។

AERATION_DEVICE_1_Y

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ[m]។ វា គឺជាកូអរដោនេ y របស់ឧបករណ៍
បញ្ចូលខ្យល់ #1ក្នុងលំហរគណនា។

AERATION_DEVICE_1_Z

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ[m]។ វា គឺជាកូអរដោនេ z របស់ឧបករណ៍
បញ្ចូលខ្យល់ #1 ក្នុងលំហរគណនា។

AERATION_DEVICE_1_BUBBLE_VOLUME_FLUX

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ[m³/sec]។ វា គឺជាបរិមាណនៃខ្យល់ដែល
ឧបករណ៍បញ្ចូលខ្យល់ #1 បញ្ចេញមក។

បើសិនយើងចង់គណនាច្រើនជាង១នៃឧបករណ៍បញ្ចូលខ្យល់ ចូរកំណត់
AERATION_DEVICE_??_SWITCH, AERATION_DEVICE_??_X,AERATION_DE-
VICE_??_Y, AERATION_DEVICE_??_Z, និង
AERATION_DEVICE_??_BUBBLE_VOLUME_FLUX ដូចគ្នាសម្រាប់ឧបករណ៍នីមួយៗ។ ទីនេះ ?? តាងដោយសន្ទស្សន៍នៃឧបករណ៍បញ្ចូលខ្យល់ (2 ~ 25)។

វត្ថុទាក់ទងស្តារលែរណាមួយ

ការគណនានៃចំនួនស្តារលែរត្រូវបានដាក់ឱ្យដំណើរការដោយកំណត់ព័ត៌មាន
របស់វានៅទីនេះ។ រហូតដល់ ២៥ ស្តារលែរដែលបានអាចកំណត់បានក្នុងតែតិចវ៉ែម។

NAME_OF_USER_DEFINED_SCALAR_1

កំណត់ជាតួអក្សរឡាតាំងមួយ។ វាគឺជាឈ្មោះនៃស្តារលែរ #1។ ការគណនាប
ម្រែបម្រួលតាមពេលរបស់វាត្រូវបានកំណត់ដោយឈ្មោះនេះ។

KE_SIGMA_USER_DEFINED_SCALAR_1

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ។ វា គឺជាចំនួន turbulent Schmidt $\sigma_{\phi 1}$ នៃស្កាលែរ #1 ។ បើសិនវាស្មើចំនួនអវិជ្ជមានមួយ នោះការគណនា diffusion នឹងមិនកើតឡើងឡើយ។

VISCOSITY_MOLECULAR_USER_DEFINED_SCALAR_1

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ[m²/sec]។ វា គឺជា diffusivity នៃស្កាលែរ #1 សម្រាប់ម៉ូលេគុល diffusion (ណាងទែរម៉ូឌីផ្យុង diffusion)។

SETTLING_SPEED_USER_DEFINED_SCALAR_1

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ[m/sec]។ វា គឺជាល្បឿនពង្រងនៃស្កាលែរ #1 (តម្លៃវិជ្ជមានមានន័យថាចុះក្រោម)។ បើសិនតម្លៃនេះមិនបានកំណត់ទេ វាក្លាយជា 0 ។

បើសិនយើងចង់គណនាច្រើនជាង១នៃស្កាលែរ ចូរកំណត់
NAME_OF_USER_DEFINED_SCALAR_??, KE_SIGMA_USER_DEFINED_SCALAR_??,
VISCOSITY_MOLECULAR_USER_DEFINED_SCALAR_??, និង SET-
TLING_SPEED_USER_DEFINED_SCALAR_?? ដូចគ្នាសម្រាប់ស្កាលែរនីមួយៗ។ ទី
នេះ ?? តាងដោយសន្ទស្សន៍នៃស្កាលែរ(2 ~ 25)។

វត្ថុទាក់ទងបញ្ចូលទិន្នន័យណាមួយ (1D Time-Series Data)

NAME_OF_USER_INPUT_DATA_1

កំណត់ជាតួអក្សរឡាតាំងមួយ។ វា គឺជាឈ្មោះនៃទិន្នន័យជាស៊េរីតាមពេល (1-dimensional time-series data) #1 ដែលយើងអាចប្តូរក្នុងការគណនាតាមចិត្ត។ តម្លៃក្នុងឯកសារដែលបានកំណត់ដូច FILE_OF_USER_INPUT_DATA_1 ត្រូវបានអានប្រើប្រាស់ឈ្មោះនេះ។

FILE_OF_USER_INPUT_DATA_1

កំណត់ filename មួយ។ វា គឺជាឯកសារទិន្នន័យជាស៊េរីតាមពេល (1-dimensional time-series data) #1 ។

NAME_OF_USER_INPUT_DATA_2

កំណត់វាដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ NAME_OF_USER_INPUT_DATA_1 បើចាំបាច់។

FILE_OF_USER_INPUT_DATA_2

កំណត់វាដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ FILE_OF_USER_INPUT_DATA_1 បើចាំបាច់។

NAME_OF_USER_INPUT_DATA_3

កំណត់វាដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ NAME_OF_USER_INPUT_DATA_1 បើចាំបាច់។

FILE_OF_USER_INPUT_DATA_3

កំណត់វាដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ FILE_OF_USER_INPUT_DATA_1 បើចាំបាច់។

NAME_OF_USER_INPUT_DATA_4

កំណត់វាដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ NAME_OF_USER_INPUT_DATA_1 បើចាំបាច់។

FILE_OF_USER_INPUT_DATA_4

កំណត់វាដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ FILE_OF_USER_INPUT_DATA_1 បើចាំបាច់។

NAME_OF_USER_INPUT_DATA_5

កំណត់វាដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ NAME_OF_USER_INPUT_DATA_1 បើចាំបាច់។

FILE_OF_USER_INPUT_DATA_5

កំណត់វាដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ FILE_OF_USER_INPUT_DATA_1 បើចាំបាច់។

NAME_OF_USER_INPUT_DATA_6

កំណត់ត្រាដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ NAME_OF_USER_INPUT_DATA_1 បើ ចាំបាច់។

FILE_OF_USER_INPUT_DATA_6

កំណត់ត្រាដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ FILE_OF_USER_INPUT_DATA_1 បើចាំ បាច់។

NAME_OF_USER_INPUT_DATA_7

កំណត់ត្រាដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ NAME_OF_USER_INPUT_DATA_1 បើ ចាំបាច់។

FILE_OF_USER_INPUT_DATA_7

កំណត់ត្រាដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ FILE_OF_USER_INPUT_DATA_1 បើចាំ បាច់។

NAME_OF_USER_INPUT_DATA_8

កំណត់ត្រាដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ NAME_OF_USER_INPUT_DATA_1 បើ ចាំបាច់។

FILE_OF_USER_INPUT_DATA_8

កំណត់ត្រាដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ FILE_OF_USER_INPUT_DATA_1 បើចាំ បាច់។

NAME_OF_USER_INPUT_DATA_9

កំណត់ត្រាដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ NAME_OF_USER_INPUT_DATA_1 បើ ចាំបាច់។

FILE_OF_USER_INPUT_DATA_9

កំណត់ត្រាដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ FILE_OF_USER_INPUT_DATA_1 បើចាំ បាច់។

NAME_OF_USER_INPUT_DATA_10

កំណត់ត្រាដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ NAME_OF_USER_INPUT_DATA_1 បើ ចាំបាច់។

FILE_OF_USER_INPUT_DATA_10

កំណត់ត្រាដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ FILE_OF_USER_INPUT_DATA_1 បើចាំ បាច់។

វត្ថុទាក់ទងបញ្ចូលទិន្នន័យណាមួយ (2D Time-Series Data)

NAME_OF_USER_INPUT_2D_DATA_1

កំណត់ជាតួអក្សរឡាតាំងមួយ។ វា គឺជាឈ្មោះនៃទិន្នន័យជាស៊េរីតាមពេល (2-dimensional time-series data) #1 ដែលយើងអាចប្តូរក្នុងការគណនាតាម ចិត្ត។ តម្លៃក្នុងឯកសារដែលបានកំណត់ដូច NAME_OF_LIST_FILE_OF_USER_IN- PUT_2D_DATA_1 ត្រូវបានអានប្រើប្រាស់ឈ្មោះនេះ។

NAME_OF_LIST_FILE_OF_USER_INPUT_2D_DATA_1

កំណត់ filename មួយ។ វា គឺជាបញ្ជីដែលមានឯកសារ filenames ទិន្នន័យជា ស៊េរីតាមពេល (2-dimensional time-series data) #1 ។

NAME_OF_USER_INPUT_2D_DATA_2

កំណត់ត្រាដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ NAME_OF_USER_INPUT_2D_DATA_1 បើចាំបាច់។

NAME_OF_LIST_FILE_OF_USER_INPUT_2D_DATA_2

កំណត់រាងដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ NAME_OF_LIST_FILE_OF_USER_IN-
PUT_2D_DATA_1 បើចាំបាច់។

NAME_OF_USER_INPUT_2D_DATA_3

កំណត់រាងដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ NAME_OF_USER_INPUT_2D_DATA_1
បើចាំបាច់។

NAME_OF_LIST_FILE_OF_USER_INPUT_2D_DATA_3

កំណត់រាងដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ NAME_OF_LIST_FILE_OF_USER_IN-
PUT_2D_DATA_1 បើចាំបាច់។

NAME_OF_USER_INPUT_2D_DATA_4

កំណត់រាងដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ NAME_OF_USER_INPUT_2D_DATA_1
បើចាំបាច់។

NAME_OF_LIST_FILE_OF_USER_INPUT_2D_DATA_4

កំណត់រាងដូចដែលបានកំណត់
ចំពោះ NAME_OF_LIST_FILE_OF_USER_INPUT_2D_DATA_1 បើចាំបាច់។

NAME_OF_USER_INPUT_2D_DATA_5

កំណត់រាងដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ NAME_OF_USER_INPUT_2D_DATA_1
បើចាំបាច់។

NAME_OF_LIST_FILE_OF_USER_INPUT_2D_DATA_5

កំណត់ត្រាដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ

NAME_OF_LIST_FILE_OF_USER_INPUT_2D_DATA_1 បើចាំបាច់។

NAME_OF_USER_INPUT_2D_DATA_6

កំណត់ត្រាដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ NAME_OF_USER_INPUT_2D_DATA_1
បើចាំបាច់។

NAME_OF_LIST_FILE_OF_USER_INPUT_2D_DATA_6

កំណត់ត្រាដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ NAME_OF_LIST_FILE_OF_USER_IN-
PUT_2D_DATA_1 បើចាំបាច់។

NAME_OF_USER_INPUT_2D_DATA_7

កំណត់ត្រាដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ NAME_OF_USER_INPUT_2D_DATA_1
បើចាំបាច់។

NAME_OF_LIST_FILE_OF_USER_INPUT_2D_DATA_7

កំណត់ត្រាដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ NAME_OF_LIST_FILE_OF_USER_IN-
PUT_2D_DATA_1 បើចាំបាច់។

NAME_OF_USER_INPUT_2D_DATA_8

កំណត់ត្រាដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ NAME_OF_USER_INPUT_2D_DATA_1
បើចាំបាច់។

NAME_OF_LIST_FILE_OF_USER_INPUT_2D_DATA_8

កំណត់រាងដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ NAME_OF_LIST_FILE_OF_USER_IN-
PUT_2D_DATA_1 បើចាំបាច់។

NAME_OF_USER_INPUT_2D_DATA_9

កំណត់រាងដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ NAME_OF_USER_INPUT_2D_DATA_1
បើចាំបាច់។

NAME_OF_LIST_FILE_OF_USER_INPUT_2D_DATA_9

កំណត់រាងដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ NAME_OF_LIST_FILE_OF_USER_IN-
PUT_2D_DATA_1 បើចាំបាច់។

NAME_OF_USER_INPUT_2D_DATA_10

កំណត់រាងដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ NAME_OF_USER_INPUT_2D_DATA_1
បើចាំបាច់។

NAME_OF_LIST_FILE_OF_USER_INPUT_2D_DATA_10

កំណត់រាងដូចដែលបានកំណត់ចំពោះ NAME_OF_LIST_FILE_OF_USER_IN-
PUT_2D_DATA_1 បើចាំបាច់។

វត្ថុទាក់ទងតម្លៃលក្ខខណ្ឌដើម

FILE_OF_INITIAL_WATER_LEVEL

កំណត់ filename មួយ។ វាមានល្បាយកម្ពស់ទឹកដើម។ បើសិនជា វាមិនត្រូវបានអានទេ (ដោយប្រើសញ្ញា “#” នៅខាងដើម) តម្លៃដែលគណនាដោយមុខងារ water_level_initialization ត្រូវបានប្រើជាតម្លៃលក្ខខណ្ឌដើម។

NAME_OF_LIST_FILE_OF_INITIAL_VELOCITY_X

កំណត់ filename មួយ។ វា គឺជាបញ្ជី filename មួយដែលមានល្បាយឈរដើមនៃល្បឿនលំហូរ (ល្បឿន u តាមទិសដៅ x នៅក្នុងលំហរគណនា)។ បើសិនជា វាមិនត្រូវបានអានទេ (ដោយប្រើសញ្ញា “#” នៅខាងដើម) តម្លៃដែលគណនាដោយមុខងារ set_initial_condition_of_ValueOnVolume ត្រូវបានប្រើជាតម្លៃលក្ខខណ្ឌដើម។

NAME_OF_LIST_FILE_OF_INITIAL_VELOCITY_Y

កំណត់ filename មួយ។ វា គឺជាបញ្ជី filename មួយដែលមានល្បាយឈរដើមនៃល្បឿនកាត់ទទឹង (ល្បឿន v តាមទិសដៅ y នៅក្នុងលំហរគណនា)។ បើសិនជា វាមិនត្រូវបានអានទេ (ដោយប្រើសញ្ញា “#” នៅខាងដើម) តម្លៃដែលគណនាដោយមុខងារ set_initial_condition_of_ValueOnVolume ត្រូវបានប្រើជាតម្លៃលក្ខខណ្ឌដើម។

NAME_OF_LIST_FILE_OF_INITIAL_VELOCITY_Z

កំណត់ filename មួយ។ វា គឺជាបញ្ជី filename មួយដែលមានល្បាយឈរដើមនៃល្បឿនតាមទិសបញ្ឈរ (ល្បឿន w តាមទិសដៅ Z នៅក្នុងលំហរគណនា)។ បើសិនជា វាមិនត្រូវបានអានទេ (ដោយប្រើសញ្ញា “#” នៅខាងដើម) តម្លៃដែលគណនាដោយមុខងារ set_initial_condition_of_ValueOnVolume ត្រូវបានប្រើជាតម្លៃលក្ខខណ្ឌដើម។

NAME_OF_LIST_FILE_OF_INITIAL_SALINITY

កំណត់ filename មួយ។ វា គឺជាបញ្ជី filename មួយដែលមានល្បាយឈរដើមនៃភាពប្រែ s។ បើសិនជា វាមិនត្រូវបានអានទេ (ដោយប្រើសញ្ញា “#” នៅខាងដើម) តម្លៃដែលគណនាដោយមុខងារ set_initial_condition_of_ValueOnVolume ត្រូវបានប្រើជាតម្លៃលក្ខខណ្ឌដើម។

NAME_OF_LIST_FILE_OF_INITIAL_WATER_TEMPERATURE

កំណត់ filename មួយ។ វា គឺជាបញ្ជី filename មួយដែលមានល្បាយឈរដើមនៃសីតុណ្ហភាព T ។ បើសិនជា វាមិនត្រូវបានអានទេ (ដោយប្រើសញ្ញា “#” នៅខាងដើម) តម្លៃដែលគណនាដោយមុខងារ set_initial_condition_of_ValueOnVolume ត្រូវបានប្រើជាតម្លៃលក្ខខណ្ឌដើម។

NAME_OF_LIST_FILE_OF_INITIAL_USER_DEFINED_SCALAR_1

កំណត់ filename មួយ។ វា គឺជាបញ្ជី filename មួយដែលមានល្បាយឈរដើមនៃស្កាលែរ #1។ បើសិនជា វាមិនត្រូវបានអានទេ (ដោយប្រើសញ្ញា “#” នៅខាងដើម) តម្លៃដែលគណនាដោយមុខងារ set_initial_condition_of_ValueOnVolume ត្រូវបានប្រើជាតម្លៃលក្ខខណ្ឌដើម។

យើងអាចកំណត់តម្លៃលក្ខខណ្ឌដើមសម្រាប់ស្កាលែរដទៃទៀតដោយកំណត់ដូចគ្នាទៅនឹង NAME_OF_LIST_FILE_OF_INITIAL_USER_DEFINED_SCALAR_?? ។ ទីនេះ ?? តាងដោយសន្ទស្សន៍នៃស្កាលែរដទៃទៀត (2 ~ 25)។

វត្ថុទាក់ទងតម្លៃដែន

ដែនផ្នែកអវិជ្ជមាន៖ $X_{\min}$ និង ដែនផ្នែកវិជ្ជមាន៖ $X_{\max}$ ត្រូវបានរៀបចំតាមរបៀបដូចគ្នា។ ដំបូង ដើម្បីមានទន្លេដែលមានមែកធាង ប្រព័ន្ធដែលមានតម្លៃលក្ខខណ្ឌផ្សេងគ្នា (តម្លៃដែនប្រព័ន្ធ) ត្រូវតែកំណត់នៅតាមដែននីមួយៗជាមួយនឹងកូអរដោនេ Y របស់ពួកវា។ បន្ទាប់មកទៀតតម្លៃដែននៃបរិមាណរូបផ្សេងទៀតត្រូវ

បានគណនាតាមដែនប្រព័ន្ធនីមួយៗ។ ចំនុចចូល និងចេញនៃដែនប្រព័ន្ធនីមួយៗ អាចកាត់បន្ថយនៅកន្លែងខ្លះដោយប្រើប្រាស់ឯកសារទិន្នន័យ gate conditions ។

ការរៀបចំតម្លៃលក្ខខណ្ឌនៅដែន $X_{\max}$

(1) ការរៀបចំតម្លៃលក្ខខណ្ឌនៅដែនប្រព័ន្ធ

BOUNDARY_POSITION_YMIN_AT_XMAX_1

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ [m]។ វា គឺជាតម្លៃកូអរដោនេ Y អប្បបរមានៃ ដែនប្រព័ន្ធ #1 (របស់ដែន $X_{\max}$)។ គម្លាតរវាងតម្លៃនេះ និងតម្លៃរបស់ BOUND-
ARY_POSITION_YMAX_AT_XMAX_1 គឺជាដែនប្រព័ន្ធ #1។

BOUNDARY_POSITION_YMAX_AT_XMAX_1

កំណត់ជាចំនួនទសភាគមួយ [m]។ វា គឺជាតម្លៃកូអរដោនេ Y អតិបរមានៃ ដែនប្រព័ន្ធ #1 (របស់ដែន $X_{\max}$)។ គម្លាតរវាងតម្លៃនេះនិងតម្លៃរបស់ BOUND-
ARY_POSITION_YMIN_AT_XMAX_1 គឺជាដែនប្រព័ន្ធ #1។

ដែនប្រព័ន្ធ #2 ~ #10 អាចកំណត់បាននៅដែន $X_{\max}$ តាមរបៀបដូចគ្នានេះ។

(2) Gate Conditions នៅដែនប្រព័ន្ធនីមួយៗ

FILE_OF_BOUNDARY_CONDITION_FOR_GATE_AT_XMAX_1

កំណត់ filename មួយ។ វាមានប្រវែងស្មើតាមពេលនៃប្រព័ន្ធដែលអាចឆ្លង កាត់បាត (តំបន់រាងចតុកោណកែងដែលអនុញ្ញាតចំនុចចូលឬចេញបាន) នៅក្នុង ដែនប្រព័ន្ធ #1 របស់ដែន $X_{\max}$ ។ បើគ្មាន filename ត្រូវបានកំណត់ទេ តម្លៃលក្ខខណ្ឌ ដែនត្រូវបានបញ្ចូលនៅដែនប្រព័ន្ធផ្សេងៗគ្នា។

Gate conditions នៅតាមដែនប្រព័ន្ធ #2 ~ #10 អាចកំណត់តាមរបៀបដូចគ្នា
នេះ។

(3) តម្លៃលក្ខខណ្ឌដែននៅដែនប្រព័ន្ធនីមួយៗ

FILE_OF_BOUNDARY_CONDITION_FOR_WATER_LEVEL_AT_XMAX_1

កំណត់ filename មួយ។ វាមានទិន្នន័យស៊េរីតាមពេលនៃកម្ពស់ទឹកនៅក្នុង
ដែនប្រព័ន្ធ #1 របស់ដែន $X_{\max}$ ។ កម្ពស់ទឹកនេះត្រូវបានបញ្ចូលនៅដែនប្រព័ន្ធជាតម្លៃ
លក្ខខណ្ឌដែន។ បើសិនជា វាមិនត្រូវបានអានទេ (ដោយប្រើសញ្ញា “#” នៅខាង
ដើម) តម្លៃលក្ខខណ្ឌដែនស៊េរីមួយត្រូវបានបញ្ចូលជំនួសវា។

FILE_OF_BOUNDARY_CONDITION_FOR_Q_AT_XMAX_1

កំណត់ filename មួយ។ វាមានទិន្នន័យស៊េរីតាមពេលនៃធារទឹកនៅក្នុងដែន
ប្រព័ន្ធ #1 របស់ដែន $X_{\max}$ ។ ធារទឹកនេះដែលត្រូវបានចែកជាមួយផ្ទៃមុខកាត់នៃដែន
ប្រព័ន្ធ (ឬប្រព័ន្ធដែលឆ្លងកាត់បាន) ត្រូវបានបញ្ចូលនៅដែនប្រព័ន្ធផ្សេងៗគ្នាជាតម្លៃ
លក្ខខណ្ឌដែននៃល្បឿនលំហូរ។ បើសិនជា វាមិនត្រូវបានអានទេ (ដោយប្រើសញ្ញា
“#” នៅខាងដើម) តម្លៃលក្ខខណ្ឌដែនស៊េរីមួយត្រូវបានបញ្ចូលជំនួសវា។

FILE_OF_BOUNDARY_CONDITION_FOR_SALINITY_AT_XMAX_1

កំណត់ filename មួយ។ វាមានទិន្នន័យស៊េរីតាមពេលនៃភាពប្រៃនៅក្នុងដែន
ប្រព័ន្ធ #1 របស់ដែន $X_{\max}$ ។ ភាពប្រៃនេះត្រូវបានបញ្ចូលនៅដែនប្រព័ន្ធផ្សេងៗគ្នាជា
តម្លៃលក្ខខណ្ឌដែនមួយ។ បើសិនជា វាមិនត្រូវបានអានទេ (ដោយប្រើសញ្ញា “#”
នៅខាងដើម) តម្លៃលក្ខខណ្ឌដែនស៊េរីមួយត្រូវបានបញ្ចូលជំនួសវា។

FILE_OF_BOUNDARY_CONDITION_FOR_WATER_TEMPERATURE_AT_XMAX_1

កំណត់ filename មួយ។ វាមានទិន្នន័យស៊េរីតាមពេលនៃសីតុណ្ហភាពទឹកនៅក្នុងដែនប្រព័ន្ធ #1 របស់ដែន $X_{\max}$ ។ សីតុណ្ហភាពទឹកនេះ ត្រូវបានបញ្ចូលនៅដែនប្រព័ន្ធផ្សេងៗគ្នាជាតម្លៃលក្ខខណ្ឌដែនមួយ។ បើសិនជា វាមិនត្រូវបានអានទេ (ដោយប្រើសញ្ញា “#” នៅខាងដើម) តម្លៃលក្ខខណ្ឌដែនស៊េរីមួយត្រូវបានបញ្ចូលជំនួសវា។

FILE_OF_BOUNDARY_CONDITION_FOR_USER_DEFINED_SCALAR_??_AT_XMAX_1

កំណត់ filename មួយ។ វាមានទិន្នន័យស៊េរីតាមពេលនៃស្កាលែរណាមួយ #?? (?? គឺ 1 ~ 25) នៅក្នុងដែនប្រព័ន្ធ #1 របស់ដែន $X_{\max}$ ។ បើសិនជា វាមិនត្រូវបានអានទេ (ដោយប្រើសញ្ញា “#” នៅខាងដើម) តម្លៃលក្ខខណ្ឌដែនស៊េរីមួយត្រូវបានបញ្ចូលជំនួសវា។

តម្លៃលក្ខខណ្ឌដែននៅតាមដែនប្រព័ន្ធ #2 ~ #10 អាចកំណត់តាមរបៀបដូចគ្នានេះ។

ការរៀបចំតម្លៃលក្ខខណ្ឌនៅដែន $X_{\min}$

ការរៀបចំនេះត្រូវបានកំណត់តាមរបៀបដូចគ្នាខាងលើដោយប្រើ $X_{\min}$ boundary។

ឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យនៃលក្ខខណ្ឌឋានលេខា

ផ្នែកនេះពន្យល់អំពីឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យមួយចំនួនដែលកំណត់ព័ត៌មានដូចជា កម្ពស់នៃបាតទន្លេ ចំនួន និងទីតាំងរបស់ចំណុចនៃសំណាញ់ស្បូវបាន វិសាលភាពនៃប្រព័ន្ធគណនា ។ល។ ពួកវាមានឯកសារទិន្នន័យមួយចំនួន “transverse topographic files” និង បញ្ជីរបស់វា “cross-sectional list file”។ transverse topographic file មួយមានកម្ពស់បាតទន្លេជាដើមនៅតាមកូអរដោនេ x នៃប្លង់សំណាញ់។

ឯកសារបញ្ជីផ្ទៃមុខកាត់

វាគឺជាបញ្ជី transverse topographic files មួយ និងឈ្មោះរបស់វាត្រូវកំណត់ដូច
NAME_OF_LIST_FILE_OF_TOPOGRAPHY_CROSS_SECTION ។ រូបភាព **Fig. 24**
បង្ហាញពីឧទាហរណ៍នៃឯកសារបញ្ជីផ្ទៃមុខកាត់។ បន្ទាត់មួយដែលផ្ដើមដោយសញ្ញា
“#” គឺជា comment មួយ។ អត្ថន័យនៃបន្ទាត់ដទៃទៀតដូចខាងក្រោម៖

Line 2: Xmin

វាគឺជាកូអរដោនេ x [m] នៃដែន $X_{\min}$ (ក្នុងលំហរគណនា)។

Line 4: Xmax

វាគឺជាកូអរដោនេ x [m] នៃដែន $X_{\max}$ (ក្នុងលំហរគណនា)។

Line 6: NUMBER_OF_TOPOGRAPHY_CROSS_SECTION

វាគឺជាចំនួន transverse topographic files ហើយត្រូវតែមានតម្លៃដូចគ្នានៃ
NAME_OF_TOPOGRAPHY_CROSS_SECTION_FILE ។ ប្លង់សំណាញ់ស្បូវបានមានទី
តាំងនៅកូអរដោនេ x ដែលត្រូវបានកំណត់ក្នុង transverse topographic files ដូច្នេះ
តម្លៃនៃ NUMBER_OF_TOPOGRAPHY_CROSS_SECTION ក៏ត្រូវគ្នានឹងចំនួនប្លង់
សំណាញ់ស្បូវបាន។

Line 8 ~: NAME_OF_TOPOGRAPHY_CROSS_SECTION_FILE

ឈ្មោះរបស់ transverse topographic files ត្រូវបានកំណត់តាមលេខរៀងពី-x-
side ទៅ+x-side ។ ប្លង់សំណាញ់ស្បូវបានមានទីតាំងនៅកូអរដោនេ x ដែលត្រូវបាន
កំណត់ក្នុង transverse topographic files ហើយ transverse topographic file មួយមាន
កម្ពស់នៃបាតទន្លេជាដើមនៅលើប្លង់សំណាញ់មួយចំនួន។

```
#Boundary Position At Xminimum Along Main Stream Gut
Xmin=-100.
#Boundary Position At Xmaximum Along Main Stream Gut
Xmax=2000.
#Number of Data File of Cross Section
NUMBER_OF_TOPOGRAPHY_CROSS_SECTION=100
#Name of Cross Section Data File
NAME_OF_TOPOGRAPHY_CROSS_SECTION_FILE=cross_section_1.geo
NAME_OF_TOPOGRAPHY_CROSS_SECTION_FILE=cross_section_2.geo
NAME_OF_TOPOGRAPHY_CROSS_SECTION_FILE=cross_section_3.geo
NAME_OF_TOPOGRAPHY_CROSS_SECTION_FILE=cross_section_4p.geo
NAME_OF_TOPOGRAPHY_CROSS_SECTION_FILE=cross_section_5.geo
...
NAME_OF_TOPOGRAPHY_CROSS_SECTION_FILE=cross_section_river_98.geo
NAME_OF_TOPOGRAPHY_CROSS_SECTION_FILE=cross_section_river_99.geo
NAME_OF_TOPOGRAPHY_CROSS_SECTION_FILE=cross_section_river_100.geo
```

Fig. 24 An Example of Cross-Sectional List File

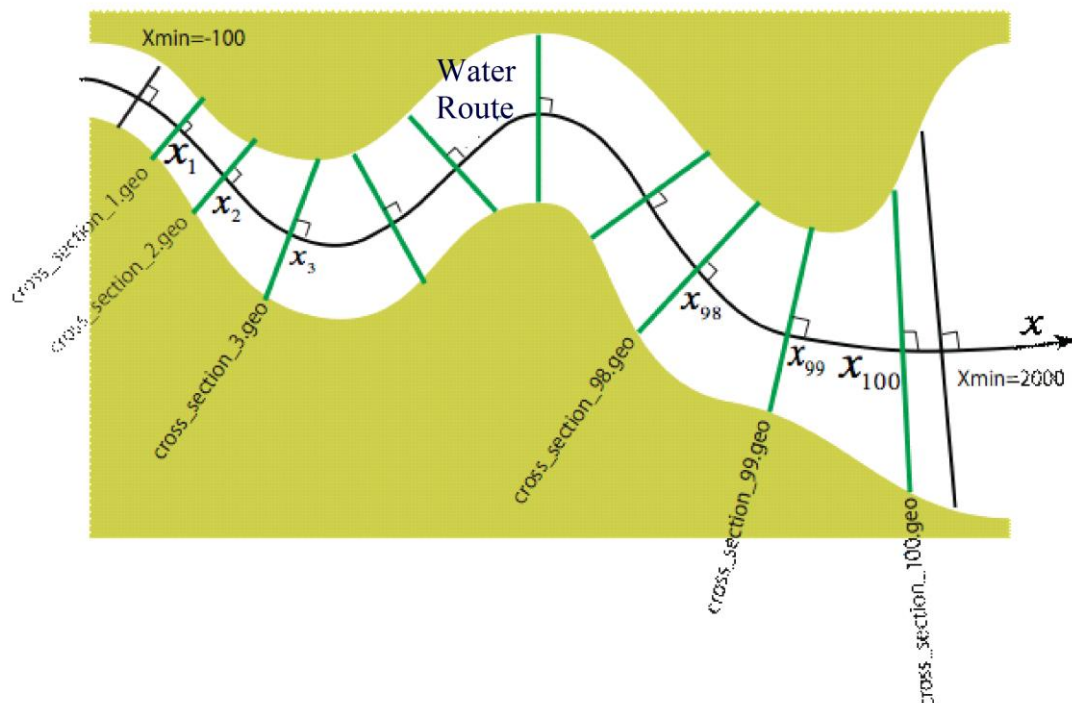


Fig. 25 Relationship between the cross-sectional list file and the computational domain


```

CROSS_SECTION_NUMBER
26
POSITION_ALONG_MAIN_STREAM_GUT[m]
-1.200000e+04
POSITION_OF_MAIN_STREAM_GUT_(X_Y)_IN_REAL_SPACE[m]
4.432400e+04 -1.199000e+03
COUNTERCLOCKWARD_ANGLE_FROM_Y_AXIS_IN_REALSPACE_TO_Y_AXIS_IN_COMPTSPACE[radian]
8.024614e-01
CURVATURE(STREAM_TOWARD_+X_CURVING_LEFTWARD_IS_POSITIVE)[1/m]
2.644414e-04
DISTANCE_FROM_MAIN_STREAM_GUT_TO_YMIN_SIDEWALL[m]
-1.425400e+02
DISTANCE_FROM_MAIN_STREAM_GUT_TO_YMAX_SIDEWALL[m]
1.495400e+02
NUMBER_OF_SOROBAN_GRID_AXES
12
DISTANCE_FROM_MAIN_STREAM_GUT[m] MAX_NUMBER_OF_GRID_POINTS
RIVER_BED_LEVEL[m]
-1.303700e+02 26 -1.651400e+00
-1.060300e+02 32 -2.481400e+00
-8.169000e+01 30 -2.394200e+00
-5.735000e+01 24 -1.444000e+00
-3.301000e+01 38 -3.355000e+00
-8.670001e+00 38 -3.545000e+00
1.567000e+01 40 -3.740200e+00
4.001000e+01 38 -3.426200e+00
6.435000e+01 40 -3.687400e+00
8.869000e+01 40 -3.745000e+00
1.130300e+02 36 -3.189800e+00
1.373700e+02 34 -2.813400e+00
    
```

Fig. 26 An Example of Cross-River Topographic File (cross_section_26.geo)

ឯកសារផ្ទៃមុខកាត់ទន្លេ

រូបភាព **Fig. 24** បង្ហាញពីឧទាហរណ៍នៃ transverse topographic file (ទិន្នន័យនៅលើមុខកាត់មួយ)។ អត្ថន័យនៃធាតុមួយគឺដូចខាងក្រោម៖

សម្គាល់៖ ចូរកុំកែអក្សរឡាតាំង ប៉ុន្តែកែតែចំនួន។

Line 1 ~ 2

CROSS_SECTION_NUMBER
26

លំដាប់នៃឯកសារនេះនៅក្នុងឯកសារបញ្ជីមុខកាត់ត្រូវបានកំណត់។
ឧទាហរណ៍នេះបង្ហាញអំពីមុខកាត់របស់វាមានលេខរៀងទី ២៦ ពី -x-side ។

Line 3 ~ 4

POSITION_ALONG_MAIN_STREAM_GUT[m]
-1.200000e+04

x_i កូអរដោនេ x នៃមុខកាត់នេះត្រូវបានកំណត់ (តាមទិសដៅខ្សែទឹកមេក្នុងលំហរគណនា ចូរមើលរូប **Fig. 25**)។

Line 5 ~ 6

POSITION_OF_MAIN_STREAM_GUT(X_Y)_IN_REAL_SPACE[m]
4.432400e+04 -1.199000e+03
X_c Y_c

កូអរដោនេនៃចំណុចមួយ (X_c, Y_c) ដែលមុខកាត់របស់វាកាត់តាមអ័ក្ស x នៃលំហរគណនា(ឧ. ខ្សែទឹក អ័ក្សខ្សែទឹកមេ)ត្រូវបានកំណត់។ X_c និង Y_c ក្នុងលំហរពិតត្រូវតែកំណត់ (មិនមែនក្នុងលំហរគណនាទេ ចូរមើលរូប**Fig. 27**)។

Line 7 ~ 8

COUNTERCLOCKWARD_ANGLE_FROM_Y_AXIS_IN_REALSPACE_TO_Y_AXIS_IN_COMPTSPACE[radian]
8.024614e-01

មុំមួយ θ_i [rad] រវាងមុខកាត់ (ឧ. អ័ក្ស y ក្នុងលំហគណនា) និងអ័ក្ស y ក្នុងលំហពិតត្រូវបានកំណត់។ តម្លៃវិជ្ជមានមានន័យថាផ្ទុយពីទ្រនិចនាឡិកាពីអ័ក្ស y ក្នុងលំហពិត (ចូរមើល Fig. 28)។

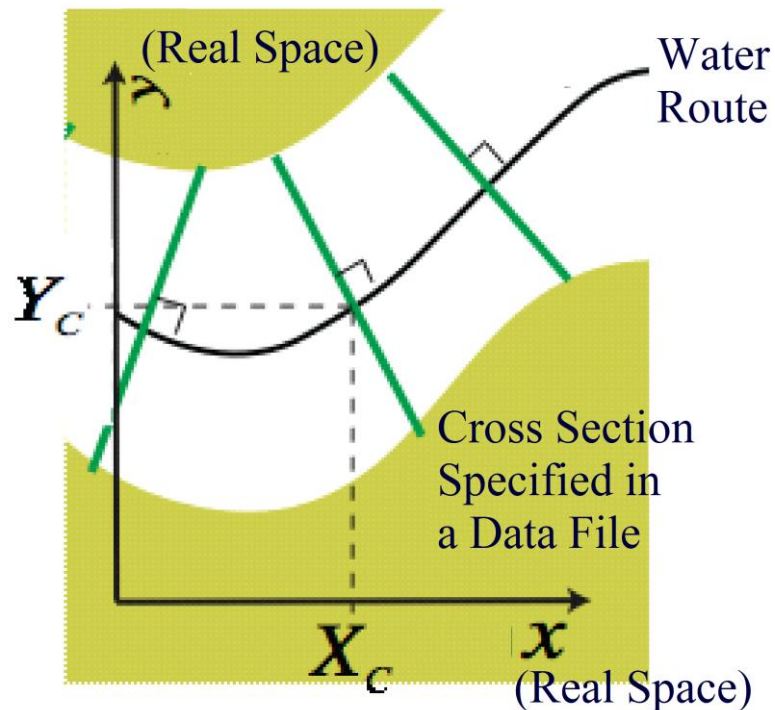


Fig. 27 Definitions of X_c and Y_c

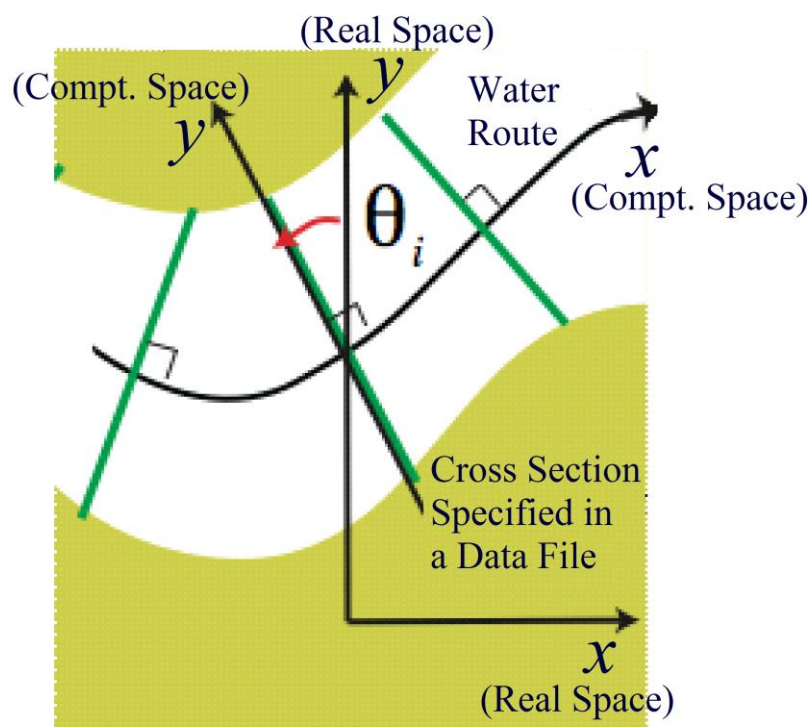


Fig. 28 Definition of θ

Line 9 ~ 10

CURVATURE(STREAM_TOWARD_+X_CURVING_LEFTWARD_IS_POSITIVE)[1/m]
2.644414e-04

កំណោងជុំវិញមុខកាត់ $1/R$ ត្រូវបានកំណត់។ តម្លៃវិជ្ជមានមានន័យថាខ្សែទឹក
មេ(+x direction)បែរទៅ +y-side (ចូរមើល រូប Fig. 29)។

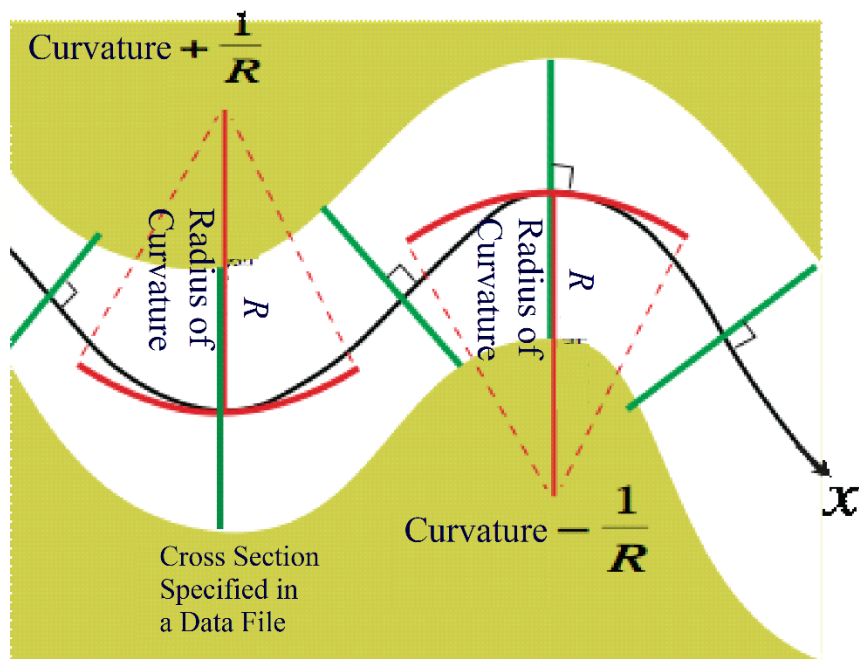


Fig. 29 Definition of Curvature $1/R$

Line 11 ~ 14

DISTANCE_FROM_MAIN_STREAM_GUT_TO_YMIN_SIDEWALL[m]
-1.425400e+02
DISTANCE_FROM_MAIN_STREAM_GUT_TO_YMAX_SIDEWALL[m]
1.495400e+02

កូអរដោនេ y (ក្នុងលំហគណនា) នៃគែមច្រាំងទន្លេ (ឧ. តម្លៃនៃ $Y_{\min}$ និង $Y_{\max}$) នៅលើមុខកាត់ត្រូវបានកំណត់។ ពួកវាត្រូវនឹងចម្ងាយតាមទិសដៅ y ពីចំណុចដែលមុខកាត់បានកាត់នឹងខ្សែទឹក (ឧ. គល់នៃអ័ក្ស y គឺ $y = 0$ ចូរមើលរូប Fig. 30)។

បន្ទាប់មក បន្ទាត់ជាលេខជាច្រើនត្រូវបានតំរៀបជាលេខរៀងពី $-y$ -side ។ ចំនួននៃ បន្ទាត់លេខនេះ (line 18~) ត្រូវតែដូចគ្នាទៅនឹងចំនួនដែលបានកំណត់ក្នុង line 16 (ចូរមើលរូប Fig. 31) ។

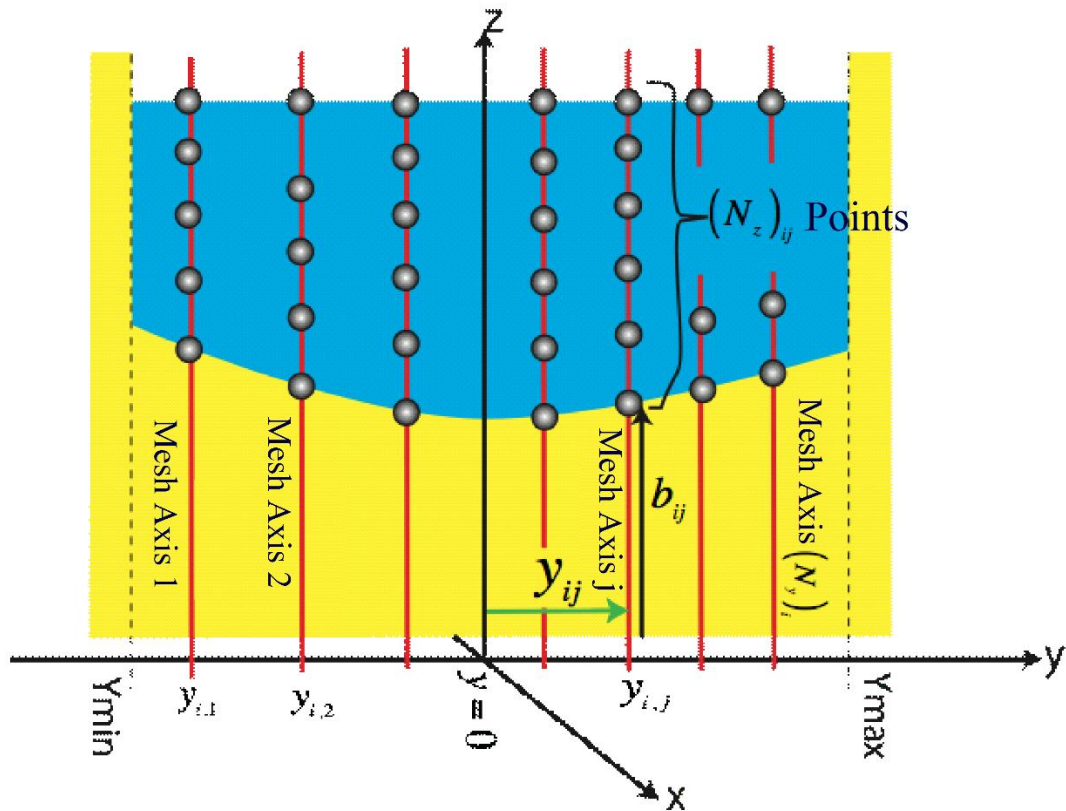


Fig. 31 Definitions of mesh axes' numbers

ឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យខ្យល់

ឥទ្ធិពលនៃវាលខ្យល់ត្រូវបានបូកបញ្ចូលទៅក្នុងការគណនាដោយកំណត់ filename មួយជា NAME_OF_LIST_FILE_OF_2D_WIND_FIELD ឬ FILE_OF_UNIFORM_WIND_FIELD ។ ប្រភេទខ្យល់ផ្សេងគ្នានឹងត្រូវបូកបញ្ចូលទៅក្នុងការគណនាដោយកំណត់តម្លៃទាំងនេះ។ ជាញឹកញាប់ ល្បឿនខ្យល់តាមទិស x (U_{10}) $_x$ និងទិស y (U_{10}) $_y$ (ក្នុងលំហរពិត) នៅរយៈកម្ពស់លើ 10 m ត្រូវមានជាឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យជាចាំបាច់ (ចូរមើលរូប Fig. 32)។

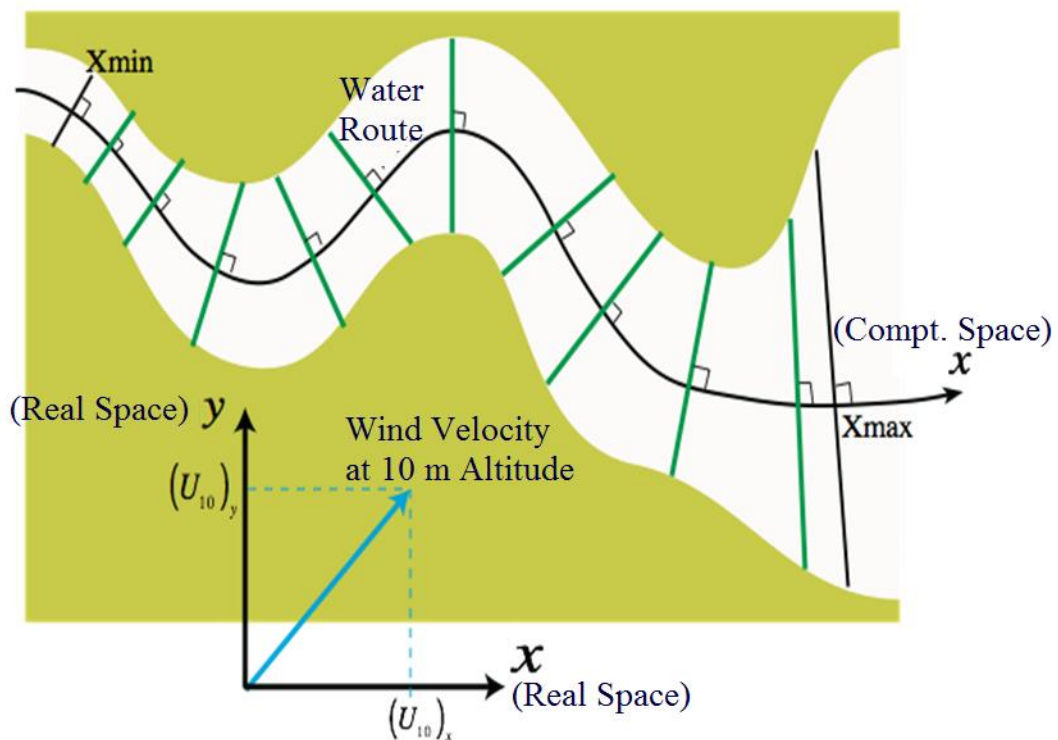


Fig. 32 Components of wind field in the real space coordinates

ខ្យល់ឯកសណ្ឋាន (ទូទាំងប្រព័ន្ធគណនា)

រាល់ខ្យល់ត្រូវបានសន្មតថាមានតម្លៃស្មើគ្នាគ្រប់ទីតាំងដោយកំណត់ឯកសារទិន្នន័យមួយសម្រាប់ FILE_OF_UNIFORM_WIND_FIELD និង បិទមុខងារ NAME_OF_LIST_FILE_OF_2D_WIND_FIELD ដោយសញ្ញា #។ ឯកសារទិន្នន័យមួយត្រូវមានគំរូជាចាំបាច់ដើម្បីកំណត់ FILE_OF_UNIFORM_WIND_FIELD។ បន្ទាត់នីមួយៗក្នុងឯកសារទិន្នន័យមានរយៈពេលគណនា និងធាតុនៃល្បឿនខ្យល់ (នៃ រយៈកម្ពស់ 10 m) គឺ $(U_{10})_x$ និង $(U_{10})_y$ ។ ល្បឿនខ្យល់នៅត្រង់រយៈពេលគណនាខ្លះ t_n ត្រូវបានគណនាដោយ linear interpolations ជាមួយពេល និងទិន្នន័យខ្យល់។ បើសិន t_n លើសរយៈពេលគណនានៃទិន្នន័យខ្យល់ចុងក្រោយ t_N , បន្ទាប់ពីនេះ ល្បឿនខ្យល់នៃ t_n ត្រូវបានសន្មតថាស្មើនឹងល្បឿនខ្យល់នៃ t_N ។

0	-1.18463e-08	-2.2
3600	-1.18463e-08	-2.2
7200	-0.91844	-2.21731
10800	-0.707107	-0.707107
...		
[Compt. time(sec)] [x-component of wind vel.(m/s)] [y-component(m/s)]		

Fig. 33 Time-series 1D data of uniform wind

ល្បាយខ្យល់ 2D (មិនឯកសណ្ឋាន)

វាល់ខ្យល់ត្រូវបានសន្មតថាមានតម្លៃមិនស្មើគ្នាគ្រប់ទីតាំងហើយមានល្បាយជា 2-dimensional ដោយកំណត់ឯកសារទិន្នន័យមួយសម្រាប់ NAME_OF_LIST_FILE_OF_2D_WIND_FIELD និង បិទមុខងារ FILE_OF_UNIFORM_WIND_FIELD ដោយសញ្ញា #។ ក្នុងករណីនេះ ទិន្នន័យខ្យល់មាន “wind distribution data files” មួយចំនួន និងឯកសារបញ្ជីរបស់ពួកវា “wind distribution data list”។ ឯកសារទិន្នន័យនៃល្បាយខ្យល់មួយមានល្បាយជា 2-dimensional នៃល្បឿនខ្យល់នៅតាមរយៈគណនាមួយចំនួន។

បញ្ជីទិន្នន័យនៃល្បាយខ្យល់ចាំបាច់ត្រូវកំណត់នៅក្នុងឯកសារចនាសម្ព័ន្ធគ្រឹះ “*.inc”។ ដូចបានបង្ហាញក្នុងរូបភាព Fig. 34 បន្ទាត់នីមួយៗនៃទិន្នន័យល្បាយខ្យល់មានរយៈគណនា និង filename មួយនៃឯកសារទិន្នន័យល្បាយខ្យល់ (Wind_on_Grid_1.geo, Wind_on_Grid_2.geo, ...)។ ដូចបានបង្ហាញក្នុងរូបភាព Fig. 35 ឯកសារទិន្នន័យល្បាយខ្យល់មួយមានល្បឿនខ្យល់នៃអ័ក្សសំណាញ់ទាំងអស់តាមរយៈគណនាមួយចំនួន។

គ្មានខ្យល់

ការគណនានឹងធ្វើឡើងដោយមិនមានឥទ្ធិពលខ្យល់ដោយបិទមុខងារទាំង២ នេះ NAME_OF_LIST_FILE_OF_2D_WIND_FIELD និង FILE_OF_UNIFORM_WIND_FIELD។

```
0 Wind_on_Grid_0.geo
10800 Wind_on_Grid_1.geo
21600 Wind_on_Grid_2.geo
32400 Wind_on_Grid_3.geo
43200 Wind_on_Grid_4.geo
54000 Wind_on_Grid_5.geo
64800 Wind_on_Grid_6.geo
75600 Wind_on_Grid_7.geo
...
[Compt. time(sec)] [Filename of a wind distribution data file]
```

Fig. 34 Example of wind distribution data list

```
1 1 6.466936e-02 5.804900e-01
1 2 7.192096e-02 1.391544e+00
1 3 6.803382e-02 1.281178e+00
1 4 6.803382e-02 1.281178e+00
1 5 6.803382e-02 1.281178e+00
2 1 1.957665e-01 1.185633e+00
2 2 1.957665e-01 1.185633e+00
2 3 1.957665e-01 1.185633e+00
2 4 3.859721e-02 1.156766e+00
2 5 3.859721e-02 1.156766e+00
2 6 3.859721e-02 1.156766e+00
3 1 9.430469e-02 6.400581e-01
...
[Plane index i] [Axis index j] [x-component of wind vel.(m/s)] [y-component(m/s)]
```

Fig. 35 Example of wind distribution data file

ឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យនៃតម្លៃលក្ខខណ្ឌដែន

តាមលំនាំដើម តម្លៃលក្ខខណ្ឌដែនត្រូវបានគណនាដោយមុខងារ update_boundary_value_for...។ ក៏ប៉ុន្តែ យើងអាចកំណត់កម្រិតទឹក ភាពប្រៃ ធារទឹក និង ចំនួនស្តារលែរ នៅលើដែន $X_{\min}$ និង $X_{\max}$ ជាទិន្នន័យស៊េរីតាមពេល។ វាដំណើរការបានដោយកំណត់ filename មួយចំនួនដូចខាងក្រោមទៅក្នុងឯកសារទិន្នន័យនៃរចនាសម្ព័ន្ធគ្រឹះ៖

FILE_OF_BOUNDARY_CONDITION_FOR_WATER_LEVEL_AT_XMAX_??

FILE_OF_BOUNDARY_CONDITION_FOR_WATER_LEVEL_AT_XMIN_??

FILE_OF_BOUNDARY_CONDITION_FOR_Q_AT_XMAX_??

FILE_OF_BOUNDARY_CONDITION_FOR_Q_AT_XMIN_??

FILE_OF_BOUNDARY_CONDITION_FOR_SALINITY_AT_XMAX_??

FILE_OF_BOUNDARY_CONDITION_FOR_SALINITY_AT_XMIN_??

FILE_OF_BOUNDARY_CONDITION_FOR_USER_DEFINED_SCALAR_1_AT_XMAX_??

FILE_OF_BOUNDARY_CONDITION_FOR_USER_DEFINED_SCALAR_1_AT_XMIN_??

...

(“??” គឺជា សន្ទស្សន៍នៃដែនប្រព័ន្ធ)

តម្លៃដែលបានកំណត់ក្នុងឯកសារទិន្នន័យត្រូវបានផ្តល់ទៅឲ្យមុខកាត់ (ឬប្រព័ន្ធដែលអាចឆ្លងកាត់បាន) នៅក្នុងដែននីមួយៗស្មើគ្នា។ បើមិនមុខងារមុនមិនបានដាក់ឲ្យដំណើរការ តម្លៃលក្ខខណ្ឌដែនស៊េរីមួយ $\partial f / \partial x = 0$ ត្រូវបានផ្តល់ឲ្យជំនួស។ រាល់ឯកសារទិន្នន័យមានគំរូដូចរូប Fig. 36។ ខ្នាតនៃល្បឿន flow rate គឺ [t/sec] (តោន/វិនាទី)។ ក្នុងករណីល្បឿន flow rate តម្លៃវិជ្ជមានមានន័យថាបរិមាណនៃការហូរចូលតាមដែន $X_{\min}$ និងមានន័យថាការហូរចេញតាមដែន $X_{\max}$ ។ បរិមាណរូបនៃ

នៅត្រង់រយៈពេលគណនាខ្លះ t_n ត្រូវបានគណនាដោយ linear interpolations ជាមួយពេល និងទិន្នន័យបរិមាណរូប។ បើសិន t_n លើសរយៈពេលគណនានៃទិន្នន័យបរិមាណរូបចុងក្រោយ t_N , បន្ទាប់ពីនេះបរិមាណរូបនៃ t_n ត្រូវបានសន្មតថាស្មើនឹងបរិមាណរូបនៃ t_N ។

0	-0.053
3600	-0.193
7200	-0.233
10800	-0.173
...	
[Compt. time(sec)]	[Value on boundary]

Fig. 36 Example of boundary condition data file

ឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យនៃ Gate Conditions

វិសាលភាពនៃប្រព័ន្ធដែនត្រូវបានកំណត់នៅលើដែន $X_{\min}$ និង $X_{\max}$ ដោយផ្តល់តម្លៃនៃវត្ថុមួយចំនួនដូចខាងក្រោមទៅក្នុងឯកសារទិន្នន័យនៃរចនាសម្ព័ន្ធគ្រឹះ (“?” មានន័យថាសន្ទស្សន៍នៃប្រព័ន្ធដែន ចូរអានចាប់ពីទំព័រ ៣១ និងចាប់ពី ៩៨)៖

BOUNDARY_POSITION_YMIN_AT_XMAX_?

BOUNDARY_POSITION_YMAX_AT_XMAX_?

BOUNDARY_POSITION_YMIN_AT_XMIN_?

BOUNDARY_POSITION_YMAX_AT_XMIN_?

ក្រៅពីនេះ យើងអាចកំណត់ប្រព័ន្ធដែលឆ្លងកាត់បាន និងជញ្ជាំងដែនមួយចំនួនក្នុងមុខកាត់ y-z នៃដែននីមួយៗដោយកំណត់ filenames នៃ gate conditions មួយចំនួនដូចខាងក្រោម (“?” មានន័យថាសន្ទស្សន៍នៃដែនប្រព័ន្ធ)៖

FILE_OF_BOUNDARY_CONDITION_FOR_GATE_AT_XMAX_?

FILE_OF_BOUNDARY_CONDITION_FOR_GATE_AT_XMIN_?

ឯកសារគំរូនៃ gate conditions គឺដូចរូប **Fig. 37**។ កូឡេនដំបូងបង្ហាញពីរយៈពេលគណនា[sec] និង កូឡេនទី២បង្ហាញពីចំនួនទ្វារ (ប្រព័ន្ធដែលឆ្លងកាត់បាន)។ ពីកូឡេនទី៣ទៅ គឺជាកូអរដោនេនៃ២ចំណុចដែលនៅលើបន្ទាត់អង្កត់ទ្រូង $(y_{\min}^{G1}, z_{\min}^{G1})$ និង $(y_{\max}^{G1}, z_{\max}^{G1})$ ត្រូវបានតំរៀបតាមលំដាប់ដូចនេះដើម្បីកំណត់វិសាលភាពនៃទ្វារនីមួយៗ។ ទ្វារដូចនេះអាចកំណត់បានរហូតដល់១០។ ក្នុងករណី t_3 ក្នុងរូប **Fig. 37** ចំនួនទ្វារគឺស្មើ០។ វាមានន័យថាវិសាលភាពទាំងមូលគឺជាជញ្ជាំងមួយហើយតម្លៃលក្ខខណ្ឌដែននៃជញ្ជាំងត្រូវប្រើប្រាស់នៅកន្លែងនេះជំនួសតម្លៃលក្ខខណ្ឌដែនដទៃទៀត។

ប្រតិបត្តិការបើកឬបិទទ្វារត្រូវបានកំណត់ និងអនុវត្តតាមរយៈពេលគណនា t_i នីមួយៗ។ និយាយម្យ៉ាងទៀតបានថា gate condition មួយដែលបានកំណត់នៅ

ឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យនៃតម្លៃលក្ខខណ្ឌដើម

តម្លៃលក្ខខណ្ឌដើមនៃកម្ពស់ទឹកមាននៅក្នុងមុខងារ water_level_initilization ហើយតម្លៃលក្ខខណ្ឌដើមនៃបរិមាណរូបក្នុងលំហរក៏មាននៅក្នុងមុខងារ set_initial_condition_of_ValueOnVolume។ ក៏ប៉ុន្តែ យើងក៏អាចកំណត់ពួកវាដោយប្រើប្រាស់ filenames នៃឯកសារទិន្នន័យ។ អត្ថន័យខាងក្រោមពន្យល់អំពីរចនាសម្ព័ន្ធនៃឯកសារទិន្នន័យរបស់កម្ពស់ទឹកដើម និងបរិមាណរូបដើមដទៃទៀត។

ឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យនៃកម្ពស់ទឹកដើម

filename មួយនៃឈ្មោះកម្ពស់ទឹកដើមត្រូវតែកំណត់សម្រាប់ FILE_OF_INITIAL_WATER_LEVEL ក្នុងឯកសាររចនាសម្ព័ន្ធគ្រឹះ។ គំរូរបស់វាដូចក្នុងរូប **Fig. 38**។ **ចូរកុំកែបន្លាត់ទីមួយ**។ ទិន្នន័យនៃកម្ពស់ទឹកដើមត្រូវបានចុះបញ្ជីចាប់ពីបន្ទាត់ទី២ទៅ។ បន្ទាត់នីមួយៗ មានបណ្តុំទិន្នន័យដូចជា កូអរដោនេក្នុងលំហរគណនា (X_l, Y_l) កម្ពស់ទឹកត្រង់ចំណុចនោះ H_l និង ចម្ងាយតាមទិស x $w_{x,l}$ និងទិស y $w_{y,l}$ សម្រាប់ interpolations ។ យើងអាចកំណត់កម្ពស់ទឹកដើមនៅត្រង់ចំណុចណាមួយក៏បាន។ ឈ្មោះដើមនៃកម្ពស់ទឹកត្រូវបានគណនាដោយតម្លៃបញ្ចូលដូចខាងក្រោម

$$h_{ij}^0 = h(t_0, x_i, y_{ij}) = \frac{\sum_{l=1}^N H_l \exp\left(-\frac{|x_i - X_l|}{w_{x,l}}\right) \exp\left(-\frac{|y_{ij} - Y_l|}{w_{y,l}}\right)}{\sum_{l=1}^N \exp\left(-\frac{|x_i - X_l|}{w_{x,l}}\right) \exp\left(-\frac{|y_{ij} - Y_l|}{w_{y,l}}\right)} \quad (3.1)$$

X_in_Compt	Y_in_Compt	WaterLevel	Weight_in_X	Weight_in_Y
-17000	0	-0.053	500	100
-16800	0	-0.046024	500	100
-16600	0	-0.039047	500	100
-16400	0	-0.032071	500	100
...				
[x-coordinate] [y-coordinate] [Water level(m)] [x-directional distance] [y-directional distance]				

Fig. 38 Example of initial water-level condition data file

ឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យនៃបរិមាណរូបដើមក្នុងលំហ

តម្លៃលក្ខខណ្ឌដើមនៃល្បឿន ភាពប្រែ និងស្តាំលេរ #1 ~ #5 អាចកំណត់បានដោយឯកសារទិន្នន័យមួយចំនួននៃល្បាយតាមទិសឈរត្រង់ចំណុចមួយចំនួន។ រាល់ឯកសារទិន្នន័យមានគំរូដូចគ្នា ហើយ filename របស់វាត្រូវតែកំណត់ឲ្យត្រូវនឹងវត្ថុនីមួយៗក្នុងឯកសារចនាសម្ព័ន្ធគ្រឹះ។ ចូរមើលការពន្យល់អំពីវត្ថុនីមួយៗ។ ទិន្នន័យលក្ខខណ្ឌដើមនៃបរិមាណរូបដើមក្នុងលំហមួយត្រូវមាន “initial vertical distribution data files” មួយចំនួននិងបញ្ជីរបស់វា “initial distribution data list”។ ឯកសារទិន្នន័យនៃល្បាយតាមទិសឈរដើមមួយមានល្បាយតាមទិសឈរនៃបរិមាណរូបមួយចំនួននៅត្រង់ចំណុចមួយចំនួន។

បញ្ជីទិន្នន័យនៃល្បាយដើមមួយនៃបរិមាណរូបនីមួយៗត្រូវតែកំណត់មួយក្នុងចំណោមវត្ថុខាងក្រោមក្នុងឯកសារចនាសម្ព័ន្ធគ្រឹះ៖

NAME_OF_LIST_FILE_OF_INITIAL_VELOCITY_X
NAME_OF_LIST_FILE_OF_INITIAL_VELOCITY_Y
NAME_OF_LIST_FILE_OF_INITIAL_VELOCITY_Z
NAME_OF_LIST_FILE_OF_INITIAL_SALINITY
NAME_OF_LIST_FILE_OF_WATER_TEMPERATURE
NAME_OF_LIST_FILE_OF_INITIAL_USER_DEFINED_SCALAR_1

បញ្ជីទិន្នន័យនៃល្បាយដើមនីមួយៗមានគំរូដូចរូប **Fig. 39**។ ចូរកុំកែបន្លាត់ទីមួយ។ ទិន្នន័យនៃល្បាយតាមទិសឈរដើមត្រូវបានចុះបញ្ជីពីបន្ទាប់ពីបន្ទាត់ទី២ទៅ។ បន្ទាត់នីមួយៗ មានបណ្តុំទិន្នន័យដូចជា កូអរដោនេក្នុងលំហគណនា(X_i, Y_i) ទិន្នន័យ filename នៃល្បាយតាមទិសឈរដើមត្រង់ចំណុចនោះ និង ចម្ងាយតាមទិស x $w_{x,i}$ និងទិស y $w_{y,i}$ សម្រាប់ interpolations ។ យើងអាចកំណត់ល្បាយតាមទិសឈរដើមនៅត្រង់ចំណុចណាមួយក៏បាន។ ម្យ៉ាងវិញទៀត ឯកសារទិន្នន័យនៃល្បាយតាមទិសឈរដើមនីមួយៗមានគំរូដូចរូប **Fig. 40**។ តម្លៃនៃបរិមាណរូបមួយចំនួនត្រូវបានចុះបញ្ជីពីជម្រៅទឹករាក់ទៅជ្រៅ។ យើងអាចកំណត់តម្លៃណាមួយតាមជម្រៅទឹកក៏បាន។

ល្បាយដើមនៃបរិមាណរូបនៅលើចំនុចនីមួយៗ (x_i, y_{ij}, z_{ijk}) ត្រូវបានកំណត់ដោយឯកសារទិន្នន័យដូចខាងក្រោម៖

$$f_{ijk}^0 = f(t_0, x_i, y_{ij}, z_{ijk}) = \frac{\sum_{l=1}^N F_l(d_{ijk}) \exp\left(-\frac{|x_i - X_l|}{w_{x,l}}\right) \exp\left(-\frac{|y_{ij} - Y_l|}{w_{y,l}}\right)}{\sum_{l=1}^N \exp\left(-\frac{|x_i - X_l|}{w_{x,l}}\right) \exp\left(-\frac{|y_{ij} - Y_l|}{w_{y,l}}\right)} \quad (3.2)$$

$F(d_{ijk})$ គឺជាបរិមាណរូបនៅជម្រៅ $d_{ijk} = h_{ij}^0 - z_{ijk}$ ។ វាបានមកពីការគណនាដោយinterpolation តាមទិសឈរនៃទិន្នន័យ នៅទី l -th នៃឯកសារទិន្នន័យនៃល្បាយតាមទិសឈរដើម។

X_in_Compt	Y_in_Compt	Filename	Weight_in_X	Weight_in_Y
1.5e3	0.	vertical_profile_of_salinity_at_0kp.geo	0.5e3	1.e2
1.0e3	0.	vertical_profile_of_salinity_at_0kp.geo	0.5e3	1.e2
0.e3	0.	vertical_profile_of_salinity_at_10kp.geo	0.5e3	1.e2
-10.e3	0.	vertical_profile_of_salinity_at_10kp.geo	0.5e3	1.e2
...				
[x-coordinate] [y-coordinate] [Data filename] [x-directional distance] [y-directional distance]				

Fig. 39 Example of initial distribution data list

0.1	15.03
0.5	15.81
1.0	18.35
1.5	20.44
2.0	24.27
2.5	25.52
3.0	26.78
3.5	26.78
4.0	26.78
...	
[Depth(m)] [Physical Quantity]	

Fig. 40 Example of initial vertical distribution data file

ឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យដទៃទៀត

ក្រៅពីឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យនៃតម្លៃលក្ខខណ្ឌដែន និងដើម យើងអាចដាក់បញ្ចូលទិន្នន័យជាស៊េរីតាមពេលណាមួយបានទៅក្នុងការគណនា។ 1-dimensional និង 2-dimensional នៃល្បាយទិន្នន័យជាស៊េរីតាមពេលនៅលើប្លង់មានជាលក្ខណៈទិន្នន័យ (ទិន្នន័យទាំង ២ អាចប្រើប្រាស់បានស្របពេលគ្នា)។ ឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យតាមស៊េរីពេលដែលកំណត់ដោយអ្នកប្រើប្រាស់មួយអាចដាក់ឱ្យដំណើរការបានក្នុងតែតិចវ៉ែមដោយកំណត់ filename ក្នុងឯកសារចនាសម្ព័ន្ធគ្រឹះ។ ផ្នែកនេះពន្យល់អំពីគំរូបញ្ចូលទិន្នន័យ 1D និង 2D ។

ឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យតាមស៊េរីពេល 1D

ចំនួនឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យតាមស៊េរីពេល 1D អាចបញ្ចូលក្នុងតែតិចវ៉ែមហូតដល់ ១០។ ឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យតាមស៊េរីពេល 1D មួយនឹងត្រូវអានដោយកំណត់ឈ្មោះរបស់វា NAME_OF_USER_INPUT_DATA_?? និងឈ្មោះឯកសារទិន្នន័យរបស់វា FILE_OF_USER_INPUT_DATA_??។ “??” តំណាងសន្ទស្សន៍ (1 ~ 10) នៃទិន្នន័យ។ គំរូនៃឯកសារទិន្នន័យមានរាងដូចរូប **Fig. 41**។ បន្ទាត់នីមួយៗមានរយៈពេលគណនា និងតម្លៃទិន្នន័យនៅរយៈពេលគណនា។ តម្លៃទិន្នន័យនៅត្រង់រយៈពេលគណនាមួយចំនួន t_n ត្រូវបានគណនាដោយជាមួយទិន្នន័យដែលបានផ្តល់ឱ្យ។ តម្លៃនៃជំហានគណនាមួយចំនួនអាចកំណត់ស្គាល់ក្នុងតែតិចវ៉ែមដោយទម្រង់ Parameters-type មួយ៖ pram_p ដូចខាងក្រោម៖

param_p->user_input_data??->current_value

“??” តំណាងសន្ទស្សន៍ (1 ~ 10) នៃទិន្នន័យ។ បើសិន t_n លើសរយៈពេលគណនានៃទិន្នន័យចុងក្រោយ t_N , បន្ទាប់ពីនេះទិន្នន័យនៃ t_n ត្រូវបានសន្មតថាស្មើនឹងបរិមាណរូបនៃ t_N ។

0 10.
3600. 20.
4200. 40.
...
[Compt. time(sec)] [Value]

Fig. 41 Example of user-input 1D data file

ឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យតាមស៊េរីពេល 2D

ចំនួនឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យតាមស៊េរីពេល 2D អាចបញ្ចូលក្នុងតែតិចរឹមរហូតដល់ ១០។ ឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យតាមស៊េរីពេល 2D មួយនឹងត្រូវអានដោយកំណត់ឈ្មោះរបស់វា NAME_OF_USER_INPUT_2D_DATA_?? និងឈ្មោះឯកសារទិន្នន័យរបស់វា NAME_OF_LIST_FILE_OF_USER_INPUT_2D_DATA_??។ “??” តំណាងសន្ទស្សន៍ (1 ~ 10) នៃទិន្នន័យ។ គំរូនៃបញ្ជីឯកសារឈ្មោះទិន្នន័យ 2D មានរាងដូចរូប Fig. 42 ។ បន្ទាត់នីមួយៗមានរយៈពេលគណនា និងឈ្មោះនៃ “user-input 2D distribution data file” នៅរយៈពេលគណនា។ គំរូនៃឯកសារទិន្នន័យ 2D មានរាងដូចរូប Fig. 43 ហើយវាមានតម្លៃទិន្នន័យនៅលើអ័ក្សសំណាញ់ទាំងអស់។ តម្លៃនៃជំហានគណនាមួយចំនួនអាចកំណត់ស្គាល់ក្នុងតែតិចរឹមដោយទម្រង់ Parameters-type មួយ៖ user_input_2d_data?? ដូចខាងក្រោម៖

```
param_p->user_input_2d_dataxx->current_value[i][j]
```

“??” តំណាងសន្ទស្សន៍ (1 ~ 10) នៃទិន្នន័យ។ “[i][j]” មានន័យថាអ័ក្សទី j -th នៅក្នុងប្លង់ទី i -th ។ បើសិន t_n លើសរយៈពេលគណនានៃទិន្នន័យចុងក្រោយ t_N , បន្ទាប់ពីនេះទិន្នន័យនៃ t_n ត្រូវបានសន្មតថាស្មើនឹងបរិមាណរូបនៃ t_N ។

```
0. user_input_2d_data_0.geo
300. user_input_2d_data_1.geo
600. user_input_2d_data_2.geo
...
[Compt. time(sec)] [Name of 2D data file]
```

Fig. 42 Example of user-input 2D distribution data list

```
1 1 6.466936e-02
1 2 7.192096e-02
1 3 6.803382e-02
1 4 6.803382e-02
1 5 6.803382e-02
2 1 1.957665e-01
2 2 1.957665e-01
2 3 1.957665e-01
2 4 3.859721e-02
2 5 3.859721e-02
2 6 3.859721e-02
3 1 9.430469e-02
...
[Plane index i] [Axis index j] [Value on ij]
```

Fig. 43 Example of user-input 2D distribution data file

ឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យឧតុនិយម (សីតុណ្ហភាព កាំពន្លឺព្រះអាទិត្យ សំនើម និង ពពក)

ឥទ្ធិពលនៃលក្ខខណ្ឌឧតុនិយមទៅលើសីតុណ្ហភាពទឹកត្រូវបានគណនាដោយម៉ូដែលជញ្ជូនកម្ដៅ។ ដើម្បីគណនាវា ទិន្នន័យតាមសេរីពេលមួយចំនួនត្រូវការបញ្ចូលដូចជា សីតុណ្ហភាពខ្យល់ កាំពន្លឺព្រះអាទិត្យ សំនើម និង ភាពជាពពក។

ឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យតាមសេរីពេល 1D នៃសីតុណ្ហភាពខ្យល់

វាត្រូវបានអានចេញពីឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យតាមសេរីពេល 1D ដែលត្រូវបានកំណត់ក្នុង FILE_OF_AIR_TEMPERATURE។ ឯកសារទិន្នន័យមានគំរូដូចទៅនឹងគំរូនៃឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យក្នុងរូប (Fig. 41)។ កូឡោនទីមួយនិងទីពីរគឺជា រយៈពេលគណនា [sec] និង សីតុណ្ហភាពខ្យល់[°C]។ តម្លៃនៃជំហានគណនាមួយចំនួនអាចកំណត់ស្គាល់ក្នុងតែតិចវ៉ែមដោយទម្រង់ Parameters-type មួយ៖ pram_p ដូចខាងក្រោម៖

```
param_p->air_temperature->current_value
```

បើសិន t_n លើសរយៈពេលគណនានៃទិន្នន័យចុងក្រោយ t_N , បន្ទាប់ពីនេះទិន្នន័យនៃ t_n ត្រូវបានសន្មតថាស្មើនឹងបរិមាណរូបនៃ t_N ។

ឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យតាមសេរីពេល 1D នៃកាំពន្លឺព្រះអាទិត្យ

វាត្រូវបានអានចេញពីឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យតាមសេរីពេល 1D ដែលត្រូវបានកំណត់ក្នុង FILE_OF_SOLAR_RADIATION។ ឯកសារទិន្នន័យមានគំរូដូចទៅនឹងគំរូនៃឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យក្នុងរូប (Fig. 41)។ កូឡោនទីមួយ និងទីពីរគឺជា រយៈពេលគណនា [sec] និង បរិមាណនៃកាំពន្លឺព្រះអាទិត្យ [MJ/m² day]។ តម្លៃនៃជំហាន

គណនាមួយចំនួនអាចកំណត់ស្គាល់ក្នុងតែតិចវ៉ែមដោយទម្រង់ Parameters-type មួយ៖ param_p ដូចខាងក្រោម៖

param_p->solor_radiation->current_value

បើសិន t_n លើសរយៈពេលគណនានៃទិន្នន័យចុងក្រោយ t_N , បន្ទាប់ពីនេះទិន្នន័យនៃ t_n ត្រូវបានសន្មតថាស្មើនឹងបរិមាណរូបនៃ t_N ។

ឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យតាមស៊េរីពេល 1D នៃសំនើម

វាត្រូវបានអានចេញពីឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យតាមស៊េរីពេល 1D ដែលត្រូវបានកំណត់ក្នុង FILE_OF_SOLOR_HUMIDITY ។ ឯកសារទិន្នន័យមានគំរូដូចទៅនឹងគំរូនៃឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យក្នុងរូប (Fig. 41)។ កូឡោនទីមួយ និងទីពីរគឺជា រយៈពេលគណនា [sec] និង សំនើម [%]។ តម្លៃនៃជំហានគណនាមួយចំនួនអាចកំណត់ស្គាល់ក្នុងតែតិចវ៉ែមដោយទម្រង់ Parameters-type មួយ៖ param_p ដូចខាងក្រោម៖

param_p->humidity->current_value

បើសិន t_n លើសរយៈពេលគណនានៃទិន្នន័យចុងក្រោយ t_N , បន្ទាប់ពីនេះទិន្នន័យនៃ t_n ត្រូវបានសន្មតថាស្មើនឹងបរិមាណរូបនៃ t_N ។

ឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យតាមស៊េរីពេល 1D នៃពពក

វាត្រូវបានអានចេញពីឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យតាមស៊េរីពេល 1D ដែលត្រូវបានកំណត់ក្នុង FILE_OF_SOLOR_CLOUDINESS ។ ឯកសារទិន្នន័យមានគំរូដូចទៅនឹងគំរូនៃឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យក្នុងរូប (Fig. 41)។ កូឡោនទីមួយ និងទីពីរគឺជា រយៈពេលគណនា [sec] និង ភាពជាពពក (0 ~ 10)។ តម្លៃនៃជំហានគណនាមួយចំនួនអាចកំណត់ស្គាល់ក្នុងតែតិចវ៉ែមដោយទម្រង់ Parameters-type មួយ៖ param_p ដូចខាងក្រោម៖

param_p->cloudiness->current_value

បើសិន t_n លើសរយៈពេលគណនានៃទិន្នន័យចុងក្រោយ t_N , បន្ទាប់ពីនេះទិន្នន័យនៃ t_n ត្រូវបានសន្មតថាស្មើនឹងបរិមាណរូបនៃ t_N ។

ការរៀបចំរចនាសម្ព័ន្ធដោយការកែតម្រូវកម្មវិធី (កូត)

ក្រៅពីឯកសារទិន្នន័យនៃតម្លៃលក្ខខណ្ឌដែន និងដើម យើងអាចកំណត់រចនាសម្ព័ន្ធលម្អិតនៃវត្ថុមួយចំនួនខាងក្រោមសម្រាប់ការគណនានៃស្ថាវិរភាពមួយដែលយើងកំណត់ ។ល។ វាធ្វើឡើងទៅបានដោយកែតម្រូវផ្នែកខ្លះនៃកម្មវិធីតែតិចវែម ដូច្នេះ ចូរកុំភ្លេច **compile** ដោយ **make command** មុននឹងប្រតិបត្តិការគណនា ។

តួប្រភពនៃស្ថាវិរភាពមួយ

តួប្រភពនៃស្ថាវិរភាពមួយត្រូវបានគណនាក្នុងដំណាក់ទី ៨៖ ការគណនាផ្សេងៗទៀត។ សមីការគ្រឹះរបស់វាគឺ៖

$$\frac{\partial(\phi_{sp})}{\partial t} = S_{\phi sp} \quad (2.69)$$

ការគណនារបស់វាធ្វើឡើងដោយកំណត់សមីការក្នុងមុខងារ source_term_of_user_defined_scalars ដោយខ្លួនឯង។ **Fig. 44** បង្ហាញអំពីឧទាហរណ៍អំពីវា។ តួប្រភពមួយនៃស្ថាវិរភាព #2៖ ϕ_2 ត្រូវបានគណនាតែនៅលើផ្ទៃទឹក ($k=grid_p->end_point[i][j]$) ដោយ discretizing សមីការខាងក្រោមជាមួយនឹងវិធីសាស្ត្រមួយ explicit ៖

$$\frac{\partial \phi_2}{\partial t} = (user_1d_data_1(t_n) - \phi_2) \times 10^{-5}$$

តួ $user_1d_data_1(t_n)$ តំណាងឲ្យតម្លៃបច្ចុប្បន្ននៃទិន្នន័យបញ្ចូលជាសេរីតាមពេល #1។

```

void source_term_of_user_defined_scalars(SorobanGrid *grid_p,
                                         Parameters *param_p,
                                         MPIParameters *mpi_param_p,
                                         MiscData *data_p,
                                         ComputationalTime *compt_time_p,
                                         Workspace *work_space_p,
                                         double ***uu,
                                         double ***vv,
                                         double ***ww,
                                         double ***density,
                                         double ***salinity,
                                         double ***turb_k,
                                         double ***turb_e,
                                         double ***user_defined_scalar1,
                                         double ***user_defined_scalar2,
                                         double ***user_defined_scalar3,
                                         double ***user_defined_scalar4,
                                         double....)
{
    static int i,j,k;
    static double X,Y,Z;

    // User Defined scalar1
    if(param_p->user_defined_scalar1_active_switch){
        for(i=grid_p->plane_start;i<=grid_p->plane_end;i++){
            for(j=grid_p->line_start[i];j<=grid_p->line_end[i];j++){
                for(k=grid_p->point_start[i][j];k<=grid_p->point_end[i][j];k++){
                    X=grid_p->X[i];
                    Y=grid_p->Y[i][j];
                    Z=grid_p->Z[i][j][k];
                    // user_defined_scalar1[i][j][k]=.....;
                }
            }
        }

    // User Defined scalar2
    if(param_p->user_defined_scalar2_active_switch){
        for(i=grid_p->plane_start;i<=grid_p->plane_end;i++){
            for(j=grid_p->line_start[i];j<=grid_p->line_end[i];j++){
                for(k=grid_p->point_start[i][j];k<=grid_p->point_end[i][j];k++){
                    X=grid_p->X[i];
                    Y=grid_p->Y[i][j];
                    Z=grid_p->Z[i][j][k];
                    if(k==grid_p->point_end[i][j]){
                        user_defined_scalar2[i][j][k]+=
                            (param_p->user_input_data1->current_value
                             -user_defined_scalar2[i][j][k])*1.e-5*compt_time_p->dt;
                    }
                }
            }
        }

        <omitted>

        return;
    }
}

```

Fig. 44 Example of source term computations for a user-defined scalar
(source_term_of_user_defined_scalars.c)

លក្ខខណ្ឌដែននៃស្តារលែរណាមួយនៅលើផ្ទៃទឹក និងបាតទន្លេ

តម្លៃលក្ខខណ្ឌដែននៃស្តារលែរណាមួយនៅលើផ្ទៃទឹក និងបាតទន្លេអាចកំណត់នៅក្នុងមុខងារ `set_stress_and_flux_on_surfaces` ។ តម្លៃលក្ខខណ្ឌដែនផ្សេងៗអាចកំណត់ស្គាល់ដោយទម្រង់ Parameters-type មួយ៖ `data_p` ដូចខាងក្រោម (ចូរមើលការពន្យល់អំពីមុខងារនេះ)៖

1. បើសិនជាស្តារលែរមួយសមាមាត្រទៅនឹងការជញ្ជូនធារនៅផ្ទៃទឹក (ឬបាតទន្លេ)

ក្នុងករណីនេះ ការជញ្ជូនធារនៃស្តារលែរគឺដូចខាងក្រោម៖

$$\frac{\partial \phi_{sp}}{\partial t} = \alpha \phi_{sp}$$

ដើម្បីប្រើប្រាស់វា ចូរជំនួស តម្លៃ “0” ក្នុង

`data_p->kind_of_flux_user_defined_scalar??_on_water_surface` ឬ

`data_p->kind_of_flux_user_defined_scalar??_on_river_bed`

ហើយជំនួសមេគុណ α នៅលើអ័ក្សទី j -th នៃប្លង់ទី i -th ក្នុង

`data_p->flux_user_defined_scalar??_on_water_surface[i][j]` ឬ

`data_p->flux_user_defined_scalar??_on_river_bed[i][j]`

រូបភាព **Fig. 45** បង្ហាញពីឧទាហរណ៍សម្រាប់ករណីនេះ។ សមាមាត្រធារនៃស្តារលែរ #1 ត្រូវបានកំណត់ដោយមេគុណ $\alpha = -1.e - 4$ ផ្ទៃបាតទន្លេ។

```
<omitted>

// User Defined scalar1
if(param_p->user_defined_scalar1_active_switch){
    for(i=grid_p->plane_all_start;i<=grid_p->plane_all_end;i++){
        for(j=grid_p->line_all_start[i];j<=grid_p->line_all_end[i];j++){
            data_p->kind_of_flux_user_defined_scalar1_on_water_surface=1;
            data_p->flux_user_defined_scalar1_on_water_surface[i][j]=0.;
            data_p->kind_of_flux_user_defined_scalar1_on_river_bed=0;
            data_p->flux_user_defined_scalar1_on_river_bed[i][j]=-1.e-4;
        }
    }
}
<omitted>
```

Fig. 45 Example of configuration for a user-defined scalar on river bed surface 1

2. បើសិនជាស្ពាសែលរម្ងួយមានការជញ្ជូនធារថេរនៅផ្ទៃទឹក(ឬបាតទន្លេ)

ក្នុងករណីនេះ ការជញ្ជូនធារនៃស្ពាសែលគឺដូចខាងក្រោម៖

$$\frac{\partial \phi_{sp}}{\partial t} = \alpha$$

ដើម្បីប្រើប្រាស់វា ចូរជំនួស តម្លៃ “1” ក្នុង

data_p->kind_of_flux_user_defined_scalar??_on_water_surface ឬ

data_p->kind_of_flux_user_defined_scalar??_on_river_bed

ហើយជំនួសបរិមាណធារ α នៅលើអ័ក្សទី j -th នៃប្លង់ទី i -th ក្នុង

data_p->flux_user_defined_scalar??_on_water_surface[i][j] ឬ

data_p->flux_user_defined_scalar??_on_river_bed[i][j]

រូបភាព **Fig. 46** បង្ហាញពីឧទាហរណ៍សម្រាប់ករណីនេះ។ បរិមាណថេរធារនៃស្ពាសែល #1 $\alpha = 0$ កំណត់នៅលើផ្ទៃទឹក។

```
<omitted>

// User Defined scalar1
if(param_p->user_defined_scalar1_active_switch){
    for(i=grid_p->plane_all_start;i<=grid_p->plane_all_end;i++){
        for(j=grid_p->line_all_start[i];j<=grid_p->line_all_end[i];j++){
            data_p->kind_of_flux_user_defined_scalar1_on_water_surface=1;
            data_p->flux_user_defined_scalar1_on_water_surface[i][j]=0.;
            data_p->kind_of_flux_user_defined_scalar1_on_river_bed=0;
            data_p->flux_user_defined_scalar1_on_river_bed[i][j]=-1.e-4;
        }
    }
}

<omitted>
```

Fig. 46 Example of configuration for a user-defined scalar on river bed surface 2

3. បើសិនជាស្កាលែរមួយមានធារថេរនៅផ្ទៃទឹក(ឬបាតទន្លេ)

ក្នុងករណីនេះ ការជញ្ជូនធារនៃស្កាលែរគឺដូចខាងក្រោម៖

$$\phi_{sp} = \alpha$$

ដើម្បីប្រើប្រាស់វា ចូរជំនួស តម្លៃ “2” ក្នុង

data_p->kind_of_flux_user_defined_scalar??_on_water_surface ឬ

data_p->kind_of_flux_user_defined_scalar??_on_river_bed

ហើយជំនួសបរិមាណធារ α នៅលើអ័ក្សទី j -th នៃប្លង់ទី i -th ក្នុង

data_p->flux_user_defined_scalar??_on_water_surface[i][j] ឬ

data_p->flux_user_defined_scalar??_on_river_bed[i][j]

រូបភាព **Fig. 46** បង្ហាញពីឧទាហរណ៍សម្រាប់ករណីនេះ។ បរិមាណថេរធារនៃស្កាលែរ #1 $\alpha = 10$ កំណត់នៅលើផ្ទៃទឹក។

```
<omitted>

// User Defined scalar1
if(param_p->user_defined_scalar1_active_switch){
    for(i=grid_p->plane_all_start;i<=grid_p->plane_all_end;i++){
        for(j=grid_p->line_all_start[i];j<=grid_p->line_all_end[i];j++){
            data_p->kind_of_flux_user_defined_scalar1_on_water_surface=2;
            data_p->flux_user_defined_scalar1_on_water_surface[i][j]=10.;
            data_p->kind_of_flux_user_defined_scalar1_on_river_bed=0;
            data_p->flux_user_defined_scalar1_on_river_bed[i][j]=-1.e-4;
        }
    }
}
<omitted>
```

Fig. 47 Example of configuration for a user-defined scalar on river bed surface 3

ឯកសារលទ្ធផល

ជំពូកនេះនឹងពន្យល់អំពីរូបមន្តនៃឯកសារលទ្ធផលដែលជាលទ្ធផលនៃការគណនា។

timestep.dat

វាត្រូវបានបញ្ចេញនៅក្នុងទីតាំងការងាររបស់យើង (ទីតាំងដែលយើងធ្វើប្រតិបត្តិការគណនា)។ ព័ត៌មានអំពីរយៈពេលគណនាត្រូវបានបញ្ចេញជារៀងរាល់ជំហានគណនា។ វាមានវត្ថុដូចខាងក្រោម៖

[Step No.]	[Time]	[Time Interval]	[CFL No.]	[Week]	[Day]	[Hour]	[Min.]	[Sec.]	[Exec. Time per Step]	[Avg. Exec. Time per Step]	[Total Exec. Time]
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

សប្តាហ៍ ថ្ងៃ ម៉ោង នាទី និង វិនាទី(Week, day, hour, min. (minute), and sec. (second))
ដែលតំណាងឱ្យរយៈពេលគណនាត្រូវបានបំប្លែងទៅជាខ្នាតថ្ងៃ [Day]។ រយៈពេលប្រតិបត្តិការ (execution (exec.) time) តំណាងឱ្យរយៈពេលជាក់ស្តែងដើម្បីគណនាមានខ្នាតជា [sec]។

Grid_Position.dat

វាត្រូវបានបញ្ចេញនៅក្នុងទីតាំងការងាររបស់យើង។ ទីតាំងកូអរដោនេនៃអ័ក្សសំណាញ់ស្រូវបានក្នុងលំហពិតត្រូវបានបញ្ចេញ។ ឯកសារទិន្នន័យ2D (វាលខ្យល់ ។ល។) ត្រូវបានរៀបចំឡើងផ្អែកលើវា។

1	1	6.466936e-02	5.804900e-01
1	2	7.192096e-02	1.391544e+00
1	3	6.803382e-02	1.281178e+00
1	4	6.803382e-02	1.281178e+00
1	5	6.803382e-02	1.281178e+00
2	1	1.957665e-01	1.185633e+00
2	2	1.957665e-01	1.185633e+00
2	3	1.957665e-01	1.185633e+00
2	4	3.859721e-02	1.156766e+00
2	5	3.859721e-02	1.156766e+00
2	6	3.859721e-02	1.156766e+00
3	1	9.430469e-02	6.400581e-01
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
Mesh Plane Index i	Mesh Axis Index j	X-coordinate in Real Space [m]	Y-coordinate in Real Space [m]
.	.	.	.

Tec_TimeDependentData.plt

វាត្រូវបានបញ្ចេញនៅក្នុងទីតាំងការងាររបស់យើង។ វា គឺជាឯកសារទិន្នន័យ ជាស៊េរីតាមពេលមួយត្រូវបានបញ្ចេញតាមគំរូ TecPlot ។ អថេរខាងក្រោមត្រូវបាន បញ្ចេញរៀងរាល់កំណត់ពេលដែលបានកំណត់ក្នុងឯកសារចរនាសម្ព័ន្ធគ្រឹះ (អថេរ ទាំងអស់នៃជំហានមួយត្រូវបានបញ្ចេញក្នុងបន្ទាត់តែមួយ)៖

Variables (អថេរ)	Names in the TecPlot file (ឈ្មោះ ក្នុង TecPlot)
Computational time [s]	Time
Step number	Steps
Output file index	Output_flame_number
Water level on $X_{\min}$ boundary domain #1 [m]	WaterLevel_At_Xmin_1[m]
Flow rate on $X_{\min}$ boundarydomain #1 [m ³ /s]	Q_At_Xmin_1[m ³ /s]
Main flow velocity on $X_{\min}$ boundarydomain #1 [m/s]	Velocity_At_Xmin_1[m/s]
Salinity on $X_{\min}$ boundary domain #1 [psu]	Salinity_At_Xmin_1[psu]
Water temperature on $X_{\min}$ boundarydomain #1 [°C]	Water_Tempera- ture_At_Xmin_1[degree_Celcius]
User-defined scalar #1 on $X_{\min}$ boundarydomain #1	
.....	
Water level on $X_{\max}$ boundary domain #1 [m]	WaterLevel_At_Xmax_1[m]
Flow rate on $X_{\max}$ boundary domain #1 [m ³ /s]	Q_At_Xmax_1[m ³ /s]
Main flow velocity on $X_{\max}$ boundary domain #1 [m/s]	Velocity_At_Xmax_1[m/s]
Salinity on $X_{\max}$ boundary domain #1 [psu]	Salinity_At_Xmax_1[psu]

Water temperature on $X_{\max}$ boundary domain #1 [°C]	Water_Tempera- ture_At_Xmax_1[degree_Celcius]
User-defined scalar #1 on $X_{\max}$ boundary domain #1	
.....	
User-input 1D time-series data #1	
User-input 1D time-series data #2	
.....	

រយៈពេលគណនា ចំនួនជំហាន និង សន្ទស្សន៍ឯកសារបញ្ចេញ ត្រូវបានបញ្ចេញជាដរាប។ សន្ទស្សន៍ឯកសារបញ្ចេញ គឺជាចំនួនស៊េរីដែលផ្តល់ទៅលើ file-name នៃលទ្ធផលដែលមានគំរូឯកសារ TecPlot (Tec_VolumeData_xxx.plt, Tec_SurfaceData_xxx.plt). ។ តម្លៃដែនផ្សេងៗទៀតត្រូវបានបញ្ចេញបើសិនជាឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យត្រូវបានកំណត់ក្នុងឯកសារចនាសម្ព័ន្ធគ្រឹះ។ បើសិនជាឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យជាស៊េរីដែលកំណត់ដោយអ្នកប្រើប្រាស់ត្រូវបានកំណត់ក្នុងឯកសារចនាសម្ព័ន្ធគ្រឹះ នោះតម្លៃរបស់វាក៏ត្រូវបានបញ្ចេញផងដែរ។

Tec_SurfaceData_time_xxx.plt / Tec_SurfaceData_step_xxx.plt

វានឹងត្រូវបញ្ចេញទៅទីតាំង “TecData” ក្នុងកន្លែងប្រតិបត្តិការ។ អថេរដែលមានល្បាយ 2D (កម្ពស់ទឹក កម្ពស់បាតទន្លេ ល្បឿនខ្យល់ ។ល។) នៃអ័ក្សសំណាញ់នីមួយៗបញ្ចេញ។ បើសិនយើងកំណត់ OUTPUT_INTERVAL_SWITCH = 1 ក្នុងឯកសារចំណាត់ថ្នាក់នេះ filename ក្លាយជា Tec_SurfaceData_time_xxx.plt។ បើសិនជា OUTPUT_INTERVAL_SWITCH = 0 filename ក្លាយជា Tec_SurfaceData_step_xxx.plt។ “xxx” ក្នុង filename តំណាងឲ្យចំនួនស៊ើវីដែលកើនឡើងជារៀងរាល់ការបញ្ចេញ។ ទំនាក់ទំនងរវាងសន្ទស្សន៍នេះ និងរយៈពេលគណនា (ចំនួនជំហាន) គឺដូចខាងក្រោម៖

Filename (ឈ្មោះឯកសារ)	Computational time (step no.) (រយៈពេលគណនា (ចំនួនជំហាន))
Tec_SurfaceData_time_1.plt (Tec_SurfaceData_step_1.plt)	Initial conditions
Tec_SurfaceData_time_2.plt (Tec_SurfaceData_step_2.plt)plt	$t = \text{OUTPUT_TIME_INTERVAL}$ $(n = \text{OUTPUT_STEP_INTERVAL})$
Tec_SurfaceData_time_3.plt (Tec_SurfaceData_step_3.plt)	$t = \text{OUTPUT_TIME_INTERVAL} \times 2$ $(n = \text{OUTPUT_STEP_INTERVAL} \times 2)$
.....	

អថេរត្រូវបានបញ្ចេញដូចខាងក្រោម៖

Variables (អថេរ)	Names in the TecPlot file (ឈ្មោះក្នុង TecPlot)
x-coordinate (in computational space)	X_comp_space
y-coordinate (in computational space)	Y_comp_space

x-coordinate (in real space)	X_real_space
y-coordinate (in real space)	Y_real_space
Water level [m]	Water_Level[m]
Height of river bed [m]	River_Bed[m]
Depth [m]	Depth[m]
Wind velocity at altitudes above 10 m (x-component in computational space) [m/s]	Wind_at_10m_height(X_comp_Component)
Wind velocity at altitudes above 10 m (y-component in computational space) [m/s]	Wind_at_10m_height(Y_comp_Component)
Wind velocity at altitudes above 10 m (x-component in real space) [m/s]	Wind_at_10m_height(X_real_Component)
Wind velocity at altitudes above 10 m (y-component in real space) [m/s]	Wind_at_10m_height(Y_real_Component)
User-input 2D time-series data #1	
User-input 2D time-series data #2	
.....	

ទិន្នន័យវាលខ្យល់ និងទិន្នន័យបញ្ចូលជាស៊េរីតាមពេល 2D ត្រូវបញ្ចេញលុះត្រាតែឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យរបស់ពួកវាត្រូវបានបញ្ចូល។ ទិន្នន័យមិនត្រូវបានបញ្ចេញចំពោះតំបន់ដី។

Tec_VolumeData_time_xxx.plt / Tec_VolumeData_step_xxx.plt

វានឹងត្រូវបញ្ចេញទៅទីតាំង “TecData” ក្នុងកន្លែងប្រតិបត្តិការ។ អថេរដែលមានល្បាយ 3D (ភាពប្រែ ល្បឿនលំហូរ ។ល។) នៃចំណុចសំណាញ់នីមួយៗបញ្ចេញ។ បើសិនយើងកំណត់ $OUTPUT_INTERVAL_SWITCH = 1$ ក្នុងឯកសារធនាសម្ព័ន្ធ គ្រឹះ filename ក្លាយជា Tec_VolumeData_time_xxx.plt។ បើសិនជា $OUTPUT_INTERVAL_SWITCH = 0$ filename ក្លាយជា Tec_VolumeData_step_xxx.plt។ “xxx” ក្នុង filename តំណាងឲ្យចំនួនស៊េរីដែលកើនឡើងជារៀងរាល់ការបញ្ចេញ។ ទំនាក់ទំនងរវាងសន្ទស្សន៍នេះ និងរយៈពេលគណនា (ចំនួនជំហាន) គឺដូចខាងក្រោម៖

Filename (ឈ្មោះឯកសារ)	Computational time (step no.) (រយៈពេលគណនា(ចំនួនជំហាន))
Tec_VolumeData_time_1.plt (Tec_VolumeData_step_1.plt)	Initial conditions
Tec_VolumeData_time_2.plt (Tec_VolumeData_step_2.plt)	$t = OUTPUT_TIME_INTERVAL$ $(n = OUTPUT_STEP_INTERVAL)$
Tec_VolumeData_time_3.plt (Tec_VolumeData_step_3.plt)	$t = OUTPUT_TIME_INTERVAL \times 2$ $(n = OUTPUT_STEP_INTERVAL \times 2)$
.....	

មិនត្រឹមតែអថេរដែលគណនាក្នុងសំណាញ់ស្ទើរបាន ប៉ុន្តែទិន្នន័យមានលេខា (បាតទន្លេ ច្រាំងទន្លេ ។ល។) ត្រូវបានបញ្ចេញជាលក្ខណៈ zone ក្នុងឯកសារ TecPlot។ អថេរដែលត្រូវបញ្ចេញទៅជា zone ឈ្មោះ “Volume Data” ដូចខាងក្រោម៖

Variables (អថេរ)	Names in the TecPlot file (ឈ្មោះក្នុង TecPlot)
------------------	--

x-coordinate (in computational space)	X_comp_space
y-coordinate (in computational space)	Y_comp_space
z-coordinate (in computational space)	Z
x-coordinate (in real space)	X_real_space
y-coordinate (in real space)	Y_real_space
Depth [m]	Depth
Flow velocity (x-component in computational space) [m/s]	U_comp_space[m/s]
Flow velocity (y-component in computational space) [m/s]	V_comp_space[m/s]
Flow velocity (vertical component) [m/s]	W[m/s]
Wind velocity at altitudes above 10 m (x-component in real space) [m]	U_real_space[m/s]
Wind velocity at altitudes above 10 m (y-component in real space) [m]	V_real_space[m/s]
Salinity [psu]	Salinity[psu]
Water temperature [°C]	Water_Temperature[degree_Celcius]
Pressure [Pa]	Pressure[Pa]
Density [kg/m ³]	Density[kg/m ³]
Turbulent kinetic energy	Turbulent_K
Turbulent dispersion rate	Turbulent_E
Turbulent viscosity	Turbulent_viscosity_vt

Horizontal turbulent viscosity (x-component)	Horizontal_Turbulent_viscosity_X[m^2/s]
Horizontal turbulent viscosity (y-component)	Horizontal_Turbulent_viscosity_Y[m^2/s]
User-defined scalar #1	
User-defined scalar #2	
.....	

តម្លៃស្កាលែរមួយត្រូវបញ្ចេញលុះត្រាតែឯកសារបញ្ចូលទិន្នន័យរបស់វាត្រូវបានបញ្ចូល។ ទិន្នន័យមិនត្រូវបានបញ្ចេញទៅជា zone ក្នុង “Volume Data” ចំពោះតំបន់ដី។ ទោះជាយ៉ាងនេះក្តី ឋានលេខានៃបាត និងច្រាំងទន្លេត្រូវបានបញ្ចេញទៅជា zone “Bottom Surface” ។ visualize វា (ជាមួយពណ៌ស្រមោល) ដើម្បីមើលឃើញឋានលេខា។

ការបណ្តុះឯកសារ

បើសិនយើងកំណត់ OUTPUT_COMPRESSION_SWITCH=1 ក្នុងឯកសារចំណាត់ថ្នាក់សម្ព័ន្ធគ្រឹះ ឯកសារបញ្ចេញនីមួយៗក្នុងទីតាំង “TecData” (Tec_SurfaceData, Tec_VolumeData) ត្រូវបានបណ្តុះទៅជា bzip archive ដោយស្វ័យប្រវត្តិ។ វាមាន .bz2 extension ដូច្នេះចូរប្រើប្រាស់ command ខាងក្រោមដើម្បីស្រង់ពួកវាចេញ៖

```
> bunzip2 -fv<filename>.bz2
```

ការប្រតិបត្តិការគណនា

តម្រូវការបរិស្ថានគណនា

តែតិចត្រូវបានសរសេរជាភាសា C language និងប្រើប្រាស់បណ្តុំទិន្នន័យ MPI libraries ។ ដូច្នេះបរិស្ថានគណនាដែលត្រូវការតំឡើងក្នុងកុំព្យូទ័រមានដូចជា៖

- MPI library (OpenMPI, MPICH, LAM)
- C compiler (GNU C gcc, Intel Compiler icc)
- bzip2 command (if you want to compress output files)

យើងបានធ្វើការសាកល្បង និងបានបញ្ជាក់ថា តែតិចត្រូវមានដំណើរការល្អជាធម្មតាក្នុងប្រព័ន្ធ Linux (Fedora, SUSE) និង Mac OS X (10.5)។ នៅពេលដែលយើងប្រើវាក្នុងបណ្តាញកុំព្យូទ័រមួយ មិនត្រឹមតែលក្ខខណ្ឌខាងលើ (ក្នុងកុំព្យូទ័រនីមួយៗ) ប៉ុន្តែបរិស្ថានគណនាខាងក្រោមតម្រូវឲ្យមាន៖

- Storage sharing with NFS
- Giga Bit Ethernet or faster network
- Permission configurations of rlogin and rsh

ចូរអានសៀវភៅមួយចំនួន ឬក៏គ្រោះជាមួយពួកយើង

(tnakamur@depe.titech.ac.jp) ដើម្បីរៀនពីរបៀបតំឡើងបរិស្ថានគណនាដើម្បីប្រើប្រាស់ MPI programs ក្នុងបណ្តាញកុំព្យូទ័រ។ ខាងក្រោមនេះ យើងនឹងបង្ហាញពីឧទាហរណ៍ខ្លះៗនៃបរិស្ថានគណនាដែលយើងបានការសាកល្បង និងបានបញ្ជាក់ពីដំណើរការតែតិចត្រូវ៖

MacPro

- Built by Apple Inc.
- Xenon 2.8 GHz * 2 CPUs (12 cores = 12 threads in total)
- 6 GB memory
- Required environment (OpenMPI, gcc, bzip2 etc.) is available just by downloading and installing the Development Tools
- A computer cluster needs to be built to execute computations with more than 12 threads
- Around 400,000 JPY per a computer
- Around 7 times of computational time is required to execute enclosed case of Kamafusa water reservoir

Core i7 Culster (Network-Connected Computers)

- Built by ourselves
- Core i7 3690K 3.4 GHz * 6 CPUs (6 cores = 6 threads)
- OpenMPI, Intel Compiler, and gcc are installed
- NFS, rlogin, and rsh are configured in person
- Around 200,000 JPY per a computer
- OS: Fedora 5
- 3 computers are connected through network (18 cores in total)
- 8 GB memory
- Around 20 times of computational time is required to execute enclosed case of Kamafusa water reservoir

ការតំឡើងតែតិចវ៉ែម

វាមិនមានបែបបទពិសេសចាំបាច់ដើម្បីតំឡើងតែតិចវ៉ែមទេ គ្រាន់តែ copy និង paste ក្នុងទីតាំងតែតិចវ៉ែមពី CD-ROM ទៅក្នុងទីតាំងការងាររបស់អ្នក។ ឯកសារមួយចំនួន៖ C source files, header files, a makefile, និងបណ្តុំឯកសារចំណាត់ថ្នាក់ (នៃអាងទឹក Kamafusa សម្រាប់ជាឧទាហរណ៍) ត្រូវបានភ្ជាប់មកជាមួយ។ ឯកសារមួយ C source ដែលមានឈ្មោះដូចគ្នាត្រូវរៀបចំសម្រាប់រាល់មុខងារក្នុងតែតិចវ៉ែមលើកលែងតែមុខងារ set_pressure។ មានតែឯកសារមួយ object ត្រូវបានរៀបចំសម្រាប់មុខងារ set_pressure ។ ទោះជាយ៉ាងណាក្តី វាមិនត្រូវគ្នាជាមួយនឹងប្រព័ន្ធ OS ឬបរិស្ថានគណនាផ្សេងៗទៀត ដូច្នេះយើងអាចទៅជួប និងជួយតំឡើងបរិស្ថានគណនានេះ។

ការចងក្រង (Compiling)

នៅពេលដែលអ្នកប្រតិបត្តិតែតិចវ៉ែមជាលើកដំបូង ឬក៏អ្នកបានកែប្រែផ្នែកខ្លះនៃកូដ អ្នកត្រូវ compile កូដ។ makefile មួយត្រូវតែបានរៀបចំ ឬបង្កើត ដូច្នេះអ្នកអាច compile កូដ និងទទួលបានឯកសារប្រតិបត្តិការមួយ “titech_warm” ដោយគ្រាន់តែវាយ៖

```
#> make
```

mpicc command ក្នុង MPI library ត្រូវបានប្រើសម្រាប់ compiling ដូច្នេះ MPi library ត្រូវតែបានតំឡើងក្នុងកុំព្យូទ័ររបស់អ្នក។

ចូរវាយបញ្ចូល commands ខាងក្រោមដើម្បី compile មុខងារទាំងអស់៖

```
#> make clean
```

```
#> make
```

ឯកសារ object (*.o) ទាំងអស់ក្នុងទីតាំង និងឯកសារប្រតិបត្តិការ “titech_warm” ត្រូវបានលុបចោលដោយ make clean command ។

ប្រតិបត្តិការ (Execution)

ការគណនាតំណាលគ្នាត្រូវបានប្រតិបត្តិដោយ mpirun command ។ របៀបសរសេរ command វាអាស្រ័យនឹង MPI library របស់អ្នក។ យើងឲ្យឧទាហរណ៍មួយនៃការប្រតិបត្តិរបស់ OpenMPI ៖

```
#> mpirun -np 8 titech_warm define.inc
```

នេះ គឺជាឧទាហរណ៍មួយនៃការប្រតិបត្តិមួយដោយប្រើប្រាស់ ៨ ម៉ាស៊ីនគិតតំណាលគ្នា (8 parallel threads) និងឯកសារចនាសម្ព័ន្ធ “define.inc” ។

ការលុបឯកសារបញ្ចេញ

អ្នកអាចលុបលទ្ធផលនៃការគណនាដោយប្រើប្រាស់ command ខាងក្រោម៖

```
#> make clean_data
```

ឯកសារទិន្នន័យ (*.dat, *.plt, and *.log) ទាំងអស់ក្នុងទីតាំងនៃ **តែតិចវែម** និងឯកសារទិន្នន័យទាំងអស់ (*.plt and *.plt.bz2) ក្នុងទីតាំង TecData ត្រូវបានលុបចោលដោយ command នេះ។

ទំនាក់ទំនង

(គិតត្រឹមខែកុម្ភៈ ឆ្នាំ២០១៧)

សាស្ត្រាចារ្យរង្ស៊ី តាកាស៊ី ណាកាម៉ូរ៉ា

ដេប៉ាតឺម៉ង់នៃអន្តរវិទ្យាសាស្ត្រនិងវិស្វកម្ម

វិទ្យាស្ថានបច្ចេកវិទ្យាតូក្យូ

អាសយដ្ឋាន៖ 4259-G5-3 ណាហ្គាតាចូ មីដូរីគី យូកូហាម៉ា កានាហ្គាវ៉ា 226-8502 ជប៉ុន

ទូរស័ព្ទ៖ +81-45-924-5548

ទូរសារ៖ +81-45-924-5549

សារអេឡិចត្រូនិច៖ tnakamura@depe.titech.ac.jp

ការប្រសំរួលជាភាសាខ្មែរ

(ខែកុម្ភៈ ឆ្នាំ២០១៩)

បណ្ឌិត សៀវ សុខលី

វិទ្យាស្ថានបច្ចេកវិទ្យាតូក្យូ

ដេប៉ាតឺម៉ង់នៃវិស្វកម្មសកលដើម្បីការអភិវឌ្ឍ បរិស្ថាន និង សង្គម

សារអេឡិចត្រូនិច៖ siev.s.aa@m.titech.ac.jp / sievsokly@yahoo.com